

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
(UNAN-MANAGUA)
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE ESTELÍ
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA Y SALUD**



**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN GERENCIA Y
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA**

TEMA

**Modelo de Evaluación Integral Sostenible para los Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos
en Comunidades Rurales: El Limón y El Lagartillo**

AUTOR

Ing. Luis Lorenzo Fuentes Peralta

TUTOR

MSc. Kenny López Benavides.

Estelí, diciembre de 2016

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Descripción del Problema	4
2.3. Preguntas Problemas.	8
2.4. Justificación.....	9
CAPITULO III. OBJETIVOS.....	11
3.1. Objetivo General	11
3.2. Específicos.	11
CAPITULO IV. MARCO TEÓRICO.....	12
4.1. Políticas Públicas y Administración Pública.....	12
4.2. Concepto de Política Pública.....	12
4.3. Políticas Públicas y Plan Nacional de Desarrollo Humano (2012-2016).....	13
4.4. La Administración y sus Procesos.....	13
4.5. Administración Pública y Participación Ciudadana.....	16
4.6. Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS).....	21
4.6.1. Objeto y Aplicación de la Ley.....	22
4.6.2. Características de los CAPS.	22
4.6.3. Organización de los CAPS.	23
4.6.4. Asesoría y Capacitación Técnica.....	26
4.6.5. Categorías de Proyectos manejados por los CAPS.	27
4.7. Sostenibilidad de los Sistemas de Agua Potable.....	28
4.7.1. Factores de Sostenibilidad.....	28
4.7.1.1. Soluciones Integrales.....	30
4.7.1.2. Participación, Organización y Gestión Comunitaria.	30
4.7.1.3. Selección de la Tecnología Apropriada.	31
4.7.1.4. Capacidad Económica y Financiamiento Local.	32
4.7.1.5. Operación y Mantenimiento.	32
4.7.1.6. Manejo del Recurso Hídrico.....	34
4.7.1.7. Apoyo Institucional Continúo.	35
4.8 Generación de Energía Fotovoltaica	35

4.8.1	Radiación Solar y su Aprovechamiento	35
4.8.2	Energía Solar Fotovoltaica	39
4.8.3	Paneles Fotovoltaicos	40
4.8.4	Configuración de Tensión y Corriente en Módulos Fotovoltaico	44
4.8.5	Ubicación e Instalación de sistemas Fotovoltaicos	49
4.9	Evaluación Paramétrica de los Recursos Solar e Hidráulicos	52
4.9.1	Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos.....	52
4.9.2	Componentes de los Sistema de Bombeo.....	53
4.9.3	Configuraciones Típicas de Bombeo FV	55
4.9.4	Dimensionado de un Sistema de Bombeo	58
4.9.5	Determinación de Necesidades Hidráulicas	59
CAPITULO V. HIPOTESIS.....		62
5.1.	Tabla 3. Operatización de variables e indicadores	62
CAPITULO VI. DISEÑO METODOLÓGICO		63
6.1.	Ubicación del área de estudio.....	63
6.2.	Tipo de Investigación.....	64
6.1.	Universo de Estudio	65
6.2.	Muestra.....	66
6.2.1.	Tipo de Muestreo.....	67
6.3.	Técnicas de Recolección de Datos	67
6.4.	Etapas de la Investigación	68
6.4.1.	Etapa I. Investigación Documental.....	68
6.4.2.	Etapa II. Diseño de Instrumentos	68
6.4.3.	Etapa III. Trabajo de Campo	69
6.4.3.1.	Etapa III. Ordenamiento de la Información.....	86
6.4.3.2.	Etapa III. Validez y Confiabilidad.....	87
CAPITULO VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		88
7.1.	Proceso organizativo de los CAPS y su relación con otras entidades vinculadas con el manejo del recurso agua.....	88
7.2.	Parámetros eléctricos e hidráulicos de funcionabilidad de los sistemas de bombeo fotovoltaicos en comunidades rurales.	100
7.3.	Impacto del sistema de bombeo fotovoltaico en la calidad de vida de los usuarios desde el punto de vista organizativo y técnico.	104

7.4. Modelo de evaluación integral sostenible, para sistemas de bombeo fotovoltaico de agua en comunidades rurales	113
CAPITULO VIII. CONCLUSIONES.....	118
CAPITULO IX. RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA.....	122
ANEXOS.....	128

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- Elementos que construyen la sostenibilidad de los servicios de APS, Cinara 2003.	29
Figura 2- Esquema básico del mantenimiento.....	33
Figura 3- Interacción de la radiación solar con la atmósfera.....	36
Figura 4- Movimiento de traslación de la tierra alrededor del Sol.....	37
Figura 5- Descripción de los ángulos solares.....	38
Figura 6- Construcción de la una celda fotovoltaica.....	41
Figura 7- Componentes de una celda fotovoltaica.....	43
Figura 8- Configuración/conexión en serie módulos fotovoltaicos.....	45
Figura 9- Configuración/conexión en paralelo módulos fotovoltaicos.....	45
Figura 10- Curva de instalación de dos celdas/ módulos de corriente – voltaje.....	46
Figura 11- Conexión de módulos fotovoltaicos.....	46
Figura 12- Curvas representativa de corriente vrs voltaje (I-V) de módulos fotovoltaicos....	48
Figura 13- Curvas características intensidad vrs voltaje (I-V) de módulos fotovoltaicos.....	49
Figura 14- Esquema de un sistema de bombeo solar.....	53
Figura 15- Microlocalización del El Limón departamento de Estelí.....	63
Figura16- Microlocalización El Lagartillo departamento de León.....	64
Figura17- Representación gráfica en un perfil de pozo - NEA y NDA.....	73
Figura 18- Selección de tecnologías de bombeo de acuerdo a ciclo hidráulico.....	76
Figura 19- Principales componentes hidráulicos que conforman un sistema de Bombeo....	77
Figura 20- Detalle de un sistema de Bombeo Fotovoltaico.....	78
Figura 21- Ángulos de Inclinación β y azimut α	83
Figura 22- Organización y gestión comunidades El Limón y El Lagartillo.....	89
Figura 23- Diagrama de VEEN Comunidad el Limón.....	92
Figura 24- Valores de Irradiación comunidad el Lagartillo.....	100
Figura 25- Representación del Sistema de Bombeo Fotovoltaico el Lagartillo.....	101
Figura 26- . Variación de la irradiación vrs potencia comunidad El Limón.....	102
Figura 27- Relación de caudal Vrs Irradiancia comunidad El Limón.....	102
Figura 28- Valores de Irradiación comunidad El Limón.....	103
Figura 29- Diagrama de Moody para determinar el factor de fricción.....	116
Figura 30- Irradiación mensual en la latitud 13°.....	117

INDICE DE TABLAS

Tabla No.1- Tecnologías de las células solares.....	42
Tabla No.2- Tasas estimadas de consumos de Agua.....	59
Tabla No.3- Cuadro de operatización de variables.....	62
Tabla No.4- Ecuación determinación población finita...	66
Tabla No.5- Valores de la constante k usado en la fórmula de Manning.....	80
Tabla No.6- Tipo de bombas y su eficiencia.....	82
Tabla No.7- Valores de β óptimo, para España según el período de diseño.....	84
Tabla No.8- Valores de factor K para España.....	85
Tabla No.9- Prueba de fiabilidad de la encuesta.....	87
Tabla No.10- Correlación de variables.....	103

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sabe usted que son los CAPS	104
Gráfico 2. Valora usted que su CAPS trabaja de forma organizada.....	105
Gráfico 3. Cómo valora el nivel de gestión que realizan los CAPS ante otras instancias Alcaldía, MINSA, ENACAL.....	106
Gráfico 4. Composición por género de la junta directiva del CAPS.....	106
Gráfico 5. Los CAPS reciben capacitaciones y actualizaciones.....	107
Gráfico 6. Como considera el trabajo realizado por los CAPS.....	107
Gráfico 7. Considera usted que el CAPS trabaja efectivamente por la comunidad.....	108
Gráfico 8. Grado de satisfacción que tienen los usuarios	108
Gráfico 9. Considera que es importante que exista un SBFV.....	109
Gráfico 10. Considera que el pago que usted realiza es adecuado para el mantenimiento del sistema	110
Gráfico 11. Como considera el estado de conservación del bosque.....	110
Gráfico 12. Como considera la calidad del agua de consumo.....	111
Gráfico 13. Sabe si existe un sistema de cloración.....	111
Gráfico 14. Servicios sanitarios que disponen en la comunidad.....	112
Gráfico 15. Estado en que se encuentran los servicios sanitarios.....	112

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Encuesta según género... ..	106
Cuadro 2. Hoja de evaluación de Sistemas de Bombeo Solar Fotovoltaico.....	114
Cuadro 3. Plantilla de cálculos Hidráulicos	115
Cuadro 4. Plantilla de cálculos Hidráulicos	115
Cuadro 5. Datos técnicos promedios del recurso solar extraídos de la NASA.....	116

AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios por haberme dado vida y hacer en mí todas las cosas mucho más abundantes de lo que he pedido y entiendo, me ha dado salud, mansedumbre, perseverancia, y fortaleza en cada uno de los momentos críticos cuando humanamente no hubiera tenido fuerzas para al alcanzar esta meta en mi vida.

A mis hijas Alyna Gissell Fuentes Cruz y Ashley Iveth Fuentes Cruz a quienes me dedico y me han dado su apoyo y comprensión en este camino de formación, ellas son mi mayor orgullo y la motivación me impulsa a tomar retos nuevos cada día.

A mi padre Lorenzo Fuentes Rocha quien hoy no está con nosotros, pero que aunque pasen los años aún le añoro, a mi viejita linda, mi madre Aura Rosa Peralta Molina, quien ha dado todo por mí y es uno de los ángeles que Dios envió para cuidarme y apoyarme en todas y cada una de las facetas de mi vida.

A mis hermanos quienes son pilares fundamentales en este camino que se hace al andar y ellos han estado conmigo y me sirven de motivación cada día para ser en primer lugar un mejor ser humano y luego ser un profesional.

A mi tutor MSc Kenny López Benavides, por su apoyo, sus conocimientos y por su estímulo para hacer este trabajo de investigación de la mejor manera. Muchas gracias maestro López.

A mi amigo de toda la vida MSc Edwin Reyes Aguilera, a la Dra. Mónica Chinchilla de la UC3M de Madrid España a la maestra MSc. Julia Granera, a la maestra MSc. Juanita Gámez Rodríguez y a Jaime Cerrolaza quien me acompañó en el trabajo de campo en las comunidades, a todos muchas gracias por los valiosos aportes a esta investigación.

A todos y cada uno miembros de los comités de agua potable y saneamiento de las comunidades del El Lagartillo y de El Limón, muchas gracias por compartir conmigo tanta información que se describe en este estudio.

A los maestros que compartieron sus conocimientos en cada asignatura de esta maestría. Muchas gracias.

A las autoridades de la facultad FAREM Estelí - UNAN MANAGUA gracias por su apoyo incondicional que me brindaron en todo momento.

DEDICATORIA

Este éxito lo dedico a Dios en primer lugar por ser supremo, por estar a mi lado siempre desde que estaba en vientre de mi madre, por cuidarme y librarme de todo mal, por su misericordia que es nueva cada día en mi vida y por permitirme concretar este momento luego de dos años de estudios de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN MANAGUA

A mis hijas Alyna Gissell y Ashley Iveth, a mi madre Aura Rosa Peralta Molina a mis hermanos Damaris, Moisés, Allan y Haydalina con quienes compartimos valores y principios de toda una vida de formación que nos inculcaron nuestros padres formándonos como personas de bien donde el apoyo mutuo incondicional entre todos prevalece sobre cualquier circunstancia que esta vida fugaz nos pueda poner.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La organización como una herramienta de los procesos administrativo, se presenta cuando las personas son capaces de establecer un marco de comunicación y están en disposición de contribuir en una acción conjunta para alcanzar un propósito o un objetivo común que previamente se define como una alternativa en búsqueda de soluciones a problemas emergentes.

Se hace muy difícil establecer una división entre el comportamiento de las personas y el de las organizaciones, según (Chiavenato, 2002) “vivimos de organizaciones pues nacemos en ellas, aprendemos de ellas, nos servimos de ellas, trabajamos en ellas y pasamos la mayor parte de nuestras vidas en ella”

Por otra parte, es importante enfatizar, que la gestión surge desde la parte empresarial, como un proceso de ejecución, para facilitar la toma de decisiones claves respecto a las políticas, estrategias, lineamientos, así como los planes y acciones efectivas que deben ser tomadas como un aspecto fundamental en la organización de las personas.

En América Latina con niveles altos de radiación solar es viable, la implementación de una alternativa que permita el aprovechamiento de la irradiación solar para generación de energía que alimente sistemas de bombeos fotovoltaicos, que suministren agua de consumo humano y que brinde aporte en la búsqueda de soluciones al problema de sostenibilidad alimenticia en aplicaciones agrícolas.

Actualmente sabemos que en muchas regiones de Nicaragua, se han realizado esfuerzos para la realización de diversos proyectos de bombeo de agua a través de sistemas fotovoltaico, en lugares aislados donde el acceso al agua potable es totalmente limitado debido a que no se cuenta con una red de alimentación eléctrica, por lo que la única y efectiva manera de poder contar con un sistema de abastecimiento de agua en este tipos de lugares, es a través de la implementación de proyectos que utilizan fuentes energías renovables, las cuales son inagotables y pueden utilizarse de forma auto-gestionada (ya que se pueden aprovechar en el mismo lugar en que se producen).

El estudio de investigación, está directamente relacionado con lo anteriormente descrito, dado que se evalúan dos sistemas de bombeo fotovoltaicos de agua, que constituyen recursos energéticos autónomos, que facilita el acceso al agua y saneamiento en las comunidades de: El Limón del municipio de Estelí y el Lagartillo del municipio de Achuapa del departamento de

León. Por lo cual estas alternativas, vienen a contribuir de manera significativa, con las mejoras en la calidad de vida de cada uno de sus habitantes. El documento presenta además de los aspectos de gestión y organización de los CAPS los aspectos técnicos necesarios para el estudio de este tipo de sistemas que hacen uso de las energías alterativas.

CAPITULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Antecedentes

El agua es y será por siempre el elemento principal para la supervivencia humana y la coexistencia de todos los ecosistemas que nos suministran alimentos y otros bienes y servicios esenciales en nuestro planeta, es junto al aire los elementos más indispensables para la existencia de vida. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), “se estima que los ecosistemas de agua dulce en el mundo, son aproximadamente un 2,5% de toda el agua de la tierra, y una buena parte de ella está fuera de nuestro alcance”.

En conferencia internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente de Dublín, en 1992, estableció cuatro principios que siguen siendo válidos: el primer principio manifiesta que el “El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente” (ONU, 2003)

Nicaragua, cuenta con abundantes fuentes de agua superficial y subterránea de tal modo que la cantidad de este recurso debería ser suficiente para satisfacer la demanda actual, a la riqueza hídrica superficial del país se adicionan

Los dos lagos más grandes de Centro América, el Lago Managua o Xolotlán (38 m sobre el nivel del mar y superficie de 1,040 km²) y el Lago Nicaragua o Cocibolca (31 m sobre el nivel del mar y superficie de 8,144 km²) siendo este último el lago más grande de Centroamérica y el lago tropical más grande de América. En ambos lagos el fenómeno de evaporación es de 1900 mm/año y 1200 mm/año respectivamente, se pierden por evaporación 11.77 km³/año. Adicionalmente se tienen 18 lagunas, 9 en la región Pacífico, 5 en la región Central y 4 en la región del Caribe. (FAO - AQUASTAT, 2013).

Aun cuando el país entero, es un enorme manto acuífero, hoy en día en muchas en ciudades y pueblos de Nicaragua, tienen problemas sensibles de acceso al agua como un derecho a la vida, esta problemática es un reto que deben afrontar las comunidades. En este sentido, la necesidad obliga a la población a organizarse y retomar como instrumento las facultades establecidas en la participación ciudadana, que permite hacer demandas efectivas a la administración pública territorial, en la búsqueda de recursos de inversión y ejecución de proyectos para el abastecimiento de agua para uso doméstico en las comunidades. De acuerdo con (Kreisman, CAPS Por el Agua, con la Comunidad, 2010), los comités de agua potable y saneamiento reflejan esa capacidad de organización en las comunidades, ya que estos “Se organizan en colectivo, deciden en colectivo. Buscan soluciones para un problema diario y fundamental. Experimentan el sabor de la democracia. No hacen mucho ruido, no se dan importancia, pero son importantes”, en este caso aúnan esfuerzos para tener acceso al agua en mayor cantidad y mejor calidad.

De acuerdo a los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), para el año 2004, el porcentaje a nivel de acceso al agua mejorada a través de conexiones domiciliarias en Nicaragua en zona urbana era del 84% y de un 27 % para zonas rurales, estas cifras evidencian una desigualdad considerable (OMS- UNICEF, 2007). El término de agua potable, no solo radica en las interconexiones domiciliarias, también está estrechamente relacionada con calidad del agua, la cual debe estar dentro de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que la Organización Mundial de la Salud establece como un estándar para agua de consumo.

A nivel nacional se registran experiencias que han fortalecido los sistemas de extracción y bombeo de agua en las comunidades rurales, a fin de facilitar el acceso y disponibilidad a este recurso. Como ejemplo, en abril del 2011, la empresa TECNOSOL S.A, realizó la instalación de un sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad del Picacho de Santa Rosa del Peñón municipio de León, beneficiando a 85 familias de esta comunidad y sitios aledaños. La instalación se realizó en un lugar sin acceso a energía eléctrica, y consistió en 32 módulos de 100watts, 24 baterías Trojan de respaldo de 435Ah, controladores de carga e inversor de 4,400 watt. Los fondos fueron aportados por el Fondo de Inversión Social (FISE) y por la alcaldía de Santa Rosa del Peñón. (Tecnosol, 2011).

Asimismo, se han elaborados estudios de tesis para grados, realizadas por estudiantes en temas tales como: Evaluación de un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica para las comunidades del sector de Sontule, ubicada en el área protegida de Miraflor en Estelí Nicaragua en el período comprendido entre agosto del 2013 a julio 2014. (Hernandez & Flores, 2014) y otra tesis denominada: la organización comunitaria para el abastecimiento de agua de consumo humano de la comarca La Grecia 2012-2013 (Espinoza & Talavera, 2013).

2.2. Descripción del Problema

Partiendo de la relevancia que tiene el agua, como medio único de subsistencia vital, es necesario establecer mecanismos que permitan la sostenibilidad y manejo racional del recurso agua, para esto, se requiere anteponer en primer lugar todas las disposiciones y voluntades humanas, los recursos económicos, físicos y tecnológicos necesarios, para obtener el mayor beneficio posible con la implementación de los sistemas de bombeo fotovoltaicos en comunidades rurales aisladas de la conexión de energía convencional.

Sabemos que no es posible de ninguna manera, que un sistema de agua potable por si solo pueda brindar un servicio efectivo a una comunidad, para esto debe anteponerse en primer lugar el factor humano, quien se organiza y establece planes de manejo y gestión administrativa en cada territorio de forma participativa expresada en la conformación de los CAPS, quienes como administradores y según lo descrito por (Erskine Canelo, 2016), “deben cumplir los siguientes cinco aspectos que corresponden a todo proceso administrativo: planear, organizar, integrar, dirigir y controlar”. Lo antes descrito es totalmente congruente para que cualquier tipo de proyecto funcione de forma correcta y sea sostenible en el tiempo, prestando las mejores condiciones de disponibilidad a través del uso y el manejo racional de las fuentes de abastecimiento de agua.

Es importante mencionar que algunos proyectos fueron bien formulados en todas sus etapas, sin embargo, en la fase de operación, se manifiestan inconvenientes al carecer de un modelo de evaluación paramétrica integral, que permita determinar algunas situaciones entre las que se pueden mencionar:

- Sistemas de bombeo fotovoltaico comunitario, deben ser evaluados para ver si presentan algunas deficiencias administrativas por parte de los CAPS.

- Los CAPS, no reciben un proceso de capacitación sistemática que les permita actualizarse sobre el manejo racional de los sistemas de agua potable.
- Sistemas que funcionan, pero con limitaciones, ya que no han destinado fondos necesarios para la gestión del mantenimiento, cuyos pilares principales son la disponibilidad, confiabilidad y costos accesibles que conllevan a la sostenibilidad del sistema.
- Existen algunos sistemas a los cuales nunca se le ha realizado una evaluación del recurso hídrico, para ajustar los niveles freáticos del manto acuífero. Esto ha permitido que se extralimiten los niveles de explotación de los pozos y como consecuencia algunos se han secado.
- Algunos CAPS no realizan trabajo de regeneración natural asistida, reforestación y manejo de micro cuencas.
- No existe un sistema de micro medición para establecer tarifas de pago acordes al consumo de las conexiones domiciliarias.
- Existen CAPS que no llevan ningún tipo de registro sobre el caudal de agua bombeado.
- Hay sistemas que no cuentan con proceso de cloración para tratar el agua, esto facilita la propagación infecciones y enfermedades intestinales agudas en la comunidad.

Con referencia a este último aspecto, es importante remarcar que el acceso al agua potable, implica que el suministro de agua sea confiable y de calidad, cumpliendo los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos establecidos según norma técnica (NTON-09-003-99) del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA, 2000), esto contribuye a reducir y prevenir una serie de enfermedades transmitidas por medio del consumo de agua que no han sido tratadas conforme los parámetros establecidos en la NTON. Por lo que el agua con la calidad requerida, se convierte en un elemento que contribuye significativamente al mejoramiento de los indicadores de salud, la higiene e influye inclusive a que no exista tanta migración del campo a la ciudad.

Por otro lado uno de los problemas que apremia a las comunidades rurales, es la falta de energía eléctrica lo cual es una de las limitante principales para el acceso a los sistemas de agua potable, por ello el llevar un buen proceso de gestión y manejo adecuado de sistemas que

funcionen a base de energía limpia y amigable con el medio ambiente, no sólo contribuyen a mitigar el cambio climático, sino que se convierten en un elemento motriz dinámico de desarrollo, que se refleja en mejores niveles de vida de las personas en cuanto al recurso agua y saneamiento. El uso de este tipo de energía, evidencia una relación proporcional entre el acceso a la energía y su aprovechamiento para disminuir los niveles de pobreza en las zonas rurales.

En relación con lo anteriormente descrito, el Gobierno de Unidad y Reconciliación Nacional (GRUN), con el fin de dinamizar la economía y brindar mejor bienestar a los habitantes de las zonas rurales, en su documento maestro de planificación quinquenal denominado Plan Nacional de Desarrollo Humano (2012-2016), realiza esfuerzos para la implementación de una Política de Infraestructura Energética, según se describe en el acápite 597, donde indica que “ El propósito fundamental de la política de energía que se implementa desde el 2007, es la ampliación de la oferta de generación de energía con recursos renovables y el cambio de la matriz de generación, así como la electrificación rural”. (GRUN, 2012-2016, pág. 137).

De igual manera, en el plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH), se denota que para el quinquenio período (2012-2016), se proyecta seguir impulsando de forma integral la transformación de composición de la matriz energética del país pasando de un “25 % en 2007 a un 94% en el 2017, con el desarrollo de proyectos hidroeléctricos, geotérmicos, eólicos, de biomasa y solares de inversión privada, pública y mixta incluidos en el plan de expansión de generación eléctrica (2007-2025)”. (Ibíd., pág. 137).

Esto evidencia que existe voluntad expresa por parte del gobierno de trabajar e impulsar este tipo de tecnologías, sabiendo que son técnica y económicamente factibles, dado que es una alternativa muy competitiva y que tiene una aplicación totalmente efectiva. Las energías renovables, son fuentes inagotables y autónomas, brindan las oportunidades de aprovechamiento de los recursos naturales con que cuenta Nicaragua y aportan a mitigar el cambio climático.

En definitiva, los sistemas de bombeo solar fotovoltaico (SBFV), implementados en comunidades aisladas, son tecnologías, con las cuales se da solución concreta a la falta de abastecimiento de agua en sitios sin conexión de energía convencional. De manera que estos

sistemas vienen sin duda alguna a cambiar la vida de los comunitarios de una forma tangible, la falta de agua es un problema sensible que lo comparten todas las personas que cohabitan en algunos lugares donde, la labor de conseguir el agua para el consumo, la higiene personal y los quehaceres del hogar comienza desde muy temprano recorriendo largas distancias en busca del agua para la subsistencia.

Es importante remarcar, que no solamente los aspectos técnicos de diseño y operación son significativos en la evaluación de proyectos de este tipo, en la práctica, muchos de los problemas que se presentan, están relacionados con el bajo nivel de gestión y organización y niveles de cohesión que existen en algunas comunidades y por cual este estudio toma relevancia, presentando un instrumento para evaluar integralmente los sistemas de abastecimiento de agua en las comunidades con el fin de identificar problemas del ámbito organizativo y técnico, en busca de lograr que los comunitarios o usuarios de los sistemas trabajen en el proceso de gestión y manejo racional del recurso agua.

2.3. Preguntas Problemas.

A partir de la descripción del problema se define una ruta crítica de preguntas-problemas que van a guiar el desarrollo de esta investigación

- **PREGUNTA GENERAL:**

¿Cuáles son los parámetros requeridos para lograr una evaluación integral sostenible de los sistemas de bombeo fotovoltaico en las comunidades rurales?

- **PREGUNTAS ESPECÍFICAS:**

1. ¿Cuál es el proceso de organización y gestión de los CAPS?
2. ¿Cómo es la relación de los CAPS con las entidades vinculadas al manejo del agua?
3. ¿Qué parámetros eléctricos e hidráulicos deben determinarse para evaluar un sistema de bombeo fotovoltaico?
4. ¿Cuál es la percepción de los usuarios en relación al impacto del sistema de bombeo fotovoltaico en la calidad de vida de los mismos desde el punto de vista organizativo y técnico?
5. ¿Por qué es necesario proponer un modelo de evaluación integral sostenible, para sistemas de bombeo fotovoltaico de agua en comunidades rurales?

2.4. Justificación.

A nivel nacional existente algunas experiencias, en la implementación de sistemas de bombeo solar fotovoltaico en comunidades rurales muy similares al implementado en la comunidad del Limón de Estelí, y la comunidad El Lagartillo, del departamento de León, sitios donde se enfocan este estudio, que sirve de referencia, para realizar en primer término las evaluaciones concernientes a la organización y nivel de gestión que poseen los CAPS como fortalezas, y como un segundo aspecto se realizan estudios técnicos de evaluación de los recursos en búsqueda de conseguir un manejo adecuado y sostenible del recursos hídrico. Una de estas experiencias, es el caso del proyecto sistema de agua potable con bombeo solar en la comunidad de agua zarca, Sébaco, Matagalpa financiado por ASDI y UNICEF, para el abastecimiento de 51 familias. (UNICEF, ASDI, 2004).

La investigación, tiene la finalidad de elaborar un modelo de evaluación integral sostenible para sistemas de bombeo solar fotovoltaico (BSFv), en comunidades rurales aisladas de la interconexión de la red eléctrica convencional, el estudio difiere de cualquier otro tipo de trabajo realizado, dado que se aborda desde una perspectiva más amplia, basándose en el análisis de la implementación de las políticas públicas gubernamentales que se fundamentan en la planificación estratégica como un instrumento de gestión de manera que en este caso los lineamientos, convergen en el quehacer de la administración pública, tanto a nivel de gobierno nacional como gobierno municipal, con el fin de atender de manera directa y efectiva, las necesidades puntuales en cada territorio y propiciar de esta forma la organización colectiva y participativa que permita alcanzar el bien común de todo los pobladores.

Bajo esta dinámica, el instrumento de evaluación tiene la finalidad de servir de referencia para la evaluación de otros sistemas similares que son administrados por los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), según lo estipulado en la Ley No. 722- Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento (Poder Legislativo, 2010); los CAPS son en sí, organizaciones comunitarias que juegan un rol importantísimo en el uso racional del agua y efectúan un trabajo arduo de sostenibilidad día a día, según (Fandiño, 2014) “El agua es vida, pero también puede ser muerte si no se maneja o se cuida bien, y que para cuidarla hay que ORGANIZARSE”.

Bajo este ámbito, se podrán evidenciar algunas debilidades, sobre las cuales se deben enfocar los procesos de mejoras sustanciales para que los CAPS, logren administrar, concientizar y articular gestiones ante los entes gubernamentales, quienes, por ley, deben ser en todo momento facilitadores del trabajo que los comités de agua potable y saneamiento desarrollan en su territorio de incidencia.

Del mismo modo, partiendo de una buena organización comunitaria se tiene el poder de sensibilizar y convencer a cualquier entidad no gubernamental o ente privado, para lograr el financiamiento de proyectos haciendo uso de energías sostenibles con el objeto de mejorar la sostenibilidad alimentaria, la salud y la conservación de medio ambiente.

En base a las condiciones que deben existir para la funcionabilidad de los sistemas, es necesario considerar lugares donde existen grandes potenciales del recurso solar, el uso productivo de la energía eléctrica generado por sistemas fotovoltaicos, es una alternativa tecnológicamente viable que podría generar un cambio significativo en la forma de vida de sus habitantes. Según (Posorky, 1996) “Bombeo de Agua con Energía Fotovoltaica, es una herramienta atractiva para suplir agua para consumo”.

Según, (Imre & Mujumbar, 2006), en Nicaragua, el promedio de la radiación solar sobre la horizontal es de (5.43 kW/m²día), esto indica que existe un gran potencial para la implementación de sistemas de bombeo de agua fotovoltaicos en algunas zonas o comunidades apartadas en la geografía de nuestro país, donde el problema de abastecimiento de agua, saneamiento básico y seguridad alimentaria, aun con los grandes esfuerzos realizados a la fecha, sigue siendo una tarea y un reto pendiente por cumplir.

Por lo que, sin duda alguna, cuando se trabaja sobre la lógica de los procesos administrativos, y se hace uso de la implantación de este tipo de tecnologías sostenibles, se pueden maximizar los beneficios sociales y económicos que el acceso a la energía brinda, como un factor fundamental, para el desarrollo sostenible de las comunidades urbanas y rurales.

CAPITULO III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar la funcionalidad de los sistemas de bombeos fotovoltaicos y su impacto en la población beneficiada de las comunidades del El Limón y El Lagartillo, para el diseño de un modelo de evaluación integral sostenible, desde el punto de vista organizativo y técnico, durante el periodo 2016.

3.2. Específicos.

- 1.** Describir la percepción del proceso organizativo de los CAPS y su relación con las entidades vinculadas con el manejo del agua.
- 2.** Determinar los parámetros eléctricos e hidráulicos de funcionabilidad de los sistemas de bombeo fotovoltaico en los CAPS de comunidades rurales.
- 3.** Determinar el impacto del sistema de bombeo fotovoltaico en la calidad de vida de los usuarios desde el punto de vista organizativo y técnico.
- 4.** Proponer un modelo de evaluación integral sostenible, para sistemas de bombeo fotovoltaico de agua en comunidades rurales.

CAPITULO IV. MARCO TEÓRICO

Los ejes conceptuales referenciales, que componen esta investigación son cuatro: Políticas Públicas, Administración Pública, Sostenibilidad que brindan los CAPS para el manejo del recurso agua en las comunidades rurales y la implementación de fuentes de tecnologías apropiadas, que permiten el funcionamiento, suministro y distribución del agua en sitios asilados.

4.1. Políticas Públicas y Administración Pública.

Las Políticas Públicas, corresponden a todos aquellos mecanismos de acción que pone en marcha el gobierno, en busca de brindar respuestas oportunas a las diversas demandas de la sociedad, estas constituyen un instrumento de uso estratégico fundamental en el manejo de los recursos, de forma tal que, se puedan utilizar para aliviar los problemas más sensibles de la población que demanda atención a corto, mediano y largo plazo.

4.2. Concepto de Política Pública

Algunos autores califican o definen las políticas públicas como:

- Según Hecló y Wildavsky (1974) la Política Pública es “Acción gubernamental dirigida hacia el logro de objetivos fuera de ella misma” (Zapata Cortés , 2014).
- Hogwood (1984) define que “Para que una política pueda ser considerada como una política pública, es preciso que en un cierto grado haya sido producida o por lo menos tratada al interior de un marco de procedimientos, de influencias y de organizaciones gubernamentales” (Zapata Cortés , 2014).

Las políticas públicas tienen su fundamento en la planificación, deben ser ejecutadas, controladas, reformadas y evaluadas en el tiempo por instituciones que tienen bajo su responsabilidad el quehacer de la atención pública o la gestión pública en sí.

En Nicaragua las políticas públicas de carácter gubernamental están contextualizadas en el Plan Nacional de Desarrollo Humano, documento definido como un plan maestro elaborado por el Gobierno de Unidad y Reconciliación Nacional. Las políticas tienen características de no ser estáticas en el tiempo, son totalmente dinámicas, tienen un comportamiento cíclico, se ajustan se retroalimentan y requieren fundamentalmente recursos económicos para poder desarrollarse.

4.3. Políticas Públicas y Plan Nacional de Desarrollo Humano (2012-2016)

Dentro de una serie de políticas públicas del gobierno de unidad y reconciliación, se menciona la política de agua y saneamiento. Una política de suma importancia que se relaciona como un eje transversal por su implicancia en la calidad de vida de las personas, esta política específica, tiene como objetivos “Aumentar la cobertura efectiva, mejorar la calidad del servicio, promover el uso racional de este recurso y asegurar el mantenimiento de los sistemas y redes existentes” (GRUN, 2012-2016, pág. 131)

En el PNDH se indica que para el área rural:

“El servicio de agua potable según información de la línea base era de 56.3% para el año 2007, pero que según una encuesta de percepción en los 153 municipios del país se obtuvo como resultado que la cobertura estaba por el orden del 60. 4% de los cuales un 33.5% corresponde a la cobertura activa y el 24.9 % corresponden aquellos que demanda rehabilitación y reemplazo de los sistemas de agua potable”. (GRUN, 2012-2016, pág. 131)

4.4. La Administración y sus Procesos

Según, (Hitt, Black, & Porter, 2006) definen a la Administración “como el proceso de estructurar y utilizar conjuntos de recursos orientados hacia el logro de metas para llevar a cabo tareas en un entorno organizacional”. Por otra parte (Koontz & Heinz, 1998), definen que “la Administración es el proceso de diseñar y mantener un entorno en el que, trabajando en grupos, los individuos cumplan eficientemente objetivos específicos”.

❖ Procesos de la Administración

Básicamente la administración es una herramienta que permite de forma eficaz gerenciar los talentos humanos, recursos financieros, económicos y tecnológicos, es decir toda la capacidad instalada disponible de una institución o empresa, y esto es lo que claramente es descrito según (Chiavenato, 2001, pág. 3) “la administración es el proceso de planear, organizar dirigir y controlar el empleo de los recursos organizacionales para conseguir determinados objetivos

con eficiencia y eficacia”. A continuación, se realiza énfasis en la definición de estos procesos.

- **Planeación:** Es parte del camino para alcanzar la efectividad de un proceso administrativo. Según (Reyes, 2008) “la planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y la determinación de tiempo y números necesarios para su realización”.

De igual manera (Scanlan, 2008) contextualiza la planeación como el “Sistema que comienza con los objetivos, desarrolla políticas, planes, procedimientos y cuenta con un método de retroalimentación de información para adaptarse a cualquier cambio en las circunstancias”.

De manera que la planeación implica determinar los objetivos propuestos y la definición de los mecanismos para poder alcanzarlos, a través de la elaboración de un esquema detallado que se efectúa en un horizonte de tiempo. Por lo que efectivamente este proceso administrativo establece las bases para estimar el riesgo y las acciones que deben tomarse para minimizar en todo momento su efecto.

- **Organización:**

En la búsqueda de articular de forma coherente los esfuerzos para la consecución de un determinado fin, los seres humanos estamos inmersos en una serie de interacciones con nosotros mismos y con nuestro entorno, de manera tal que el mejor resultado que se puede esperar es cuando se logran estructurar y ordenar de forma lógica los medios o factores que actúan para concretizar ciertos objetivos propuestos, los cuales requieren de la colaboración mutua entre nosotros mismos.

De acuerdo a (Chiavenato, 2007) una organización, “es un sistema de actividades conscientemente coordinadas de dos o más personas. La cooperación entre estas personas es esencial para la existencia de la organización”.

Por lo tanto, la existencia de la organización se da cuando las personas son capaces de comunicarse, están dispuestas a contribuir en una acción conjunta para alcanzar un propósito o un objetivo común.

Chiavenato plantea tres preguntas: ¿Qué son las organizaciones?, ¿Qué tienen?, y ¿Qué hacen?, esto con el objeto de describir su constitución.

Dando repuesta a estos planteamientos se describe uno de los aspectos fundamentales que constituyen las organizaciones dentro de las cuales están las personas, quienes tienen un determinado comportamiento y lo que hacen, es satisfacer necesidades, desarrollan grupos, crean acciones organizadas, sirven de motivación a otras personas, desarrollan actitudes, brindan contribuciones.

En fin, la organización implica, establecer elementos básicos como lo es la estructura funcional del grupo social, se deben establecer los niveles de correlación de funciones de forma jerárquica y deben unir esfuerzos para realizar las acciones que conllevan al cumplimiento de los objetivos propuestos. Se debe trabajar en cohesión y sistematización de forma coordinada a fin de facilitar el trabajo y la eficiencia.

- **Dirección**

Se señala que la dirección está relacionada con la influencia interpersonal del administrador con sus subordinados, esto según la estructura organizacional previamente establecida a través de la implementación de mecanismos como la supervisión, la comunicación y la motivación.

Para (Stoner, Freeman, & Gilbert, 1996, pág. 13) “dirigir implica mandar, influir y motivar a los empleados que realicen tareas esenciales. Las relaciones y el tiempo son fundamentales para las actividades de la dirección”.

- **Control**

Contextualmente según (Stoner, Freeman, & Gilbert, 1996, pág. 610) el control administrativo es el proceso que “permite garantizar que las actividades reales se ajusten a las actividades proyectadas. El control sirve a los gerentes para monitorear la eficacia de la planificación, organización y la dirección”. El proceso de control facilita la toma de medidas correctivas que sean necesarias en busca alcanzar mejores niveles de desempeño.

Según (Stoner, Freeman, & Gilbert, 1996, pág. 13) “El control entraña los siguientes elementos básicos, establecer estándares de desempeño, medir los resultados presentes, comparar estos resultados con las normas establecidas y tomar medidas correctivas cuando se detecten desviaciones”

4.5. Administración Pública y Participación Ciudadana

En cuanto al hacer cualquier consideración conceptual, relacionada a la administración pública, presenta cierto grado de complejidad, dado que se deben conocer previamente algunos conceptos que están estrechamente relacionados con el quehacer de la administración pública en todo su contexto, entre los cuales se encuentran la concepción o definición de: Nación, Estado, Gobierno, Gobierno Municipal, Comunidad y Participación Ciudadana.

Partiendo de la premisa de que existen una serie de nociones claramente establecidas sobre lo que es Nación, como un concepto sociológico, en este documento se conjuga algunos conceptos preestablecidos, según (Gentile, 2013) Nación es “conjunto de hombres y mujeres que viviendo dentro de un mismo territorio están unidos por una misma cultura, lengua, raza o religión, reconociendo un mismo origen y persiguiendo un mismo destino”.

Asimismo, según (Light, Keller, & Calhoun, 1991) el concepto sociológico de Nación es aquel que “se refiere primordialmente a los vínculos culturales entre un grupo de personas que les concede una identidad compartida”

Por otro lado, definir en pocas líneas el concepto de estado es difícil, dado que ofrece dificultades insuperables, por lo tanto, se trata de un concepto muy discutido y aun no totalmente delimitado, según (Jellinek, 1998), define al estado, desde el punto de vista jurídico como “la corporación formada por un pueblo, dotada por un poder de mando originario y asentada en un determinado territorio”.

De acuerdo a (Light, Keller, & Calhoun, 1991) al estado se le considera como “una entidad abstracta que se refiere directamente a las instituciones políticas establecidas dentro de un territorio determinado”.

Finalmente, (Gentile, 2013) hace referencia a que el estado “es una organización jurídica y política compuesta por estos elementos: Población, Territorio y Gobierno”.

En el estado contemporáneo de Nicaragua, existen cuatro funciones básicas: Legislativa, Ejecutiva o Administrativa, Jurídica y Electoral, de estas cuatro funciones o poderes, en este estudio, se hará énfasis, solo al poder ejecutivo o la administración pública, por la relación estrecha que tiene con el contexto de esta investigación, donde se da la participación ciudadana desde mismas comunidades.

Por lo tanto, la administración constituye una pieza clave e insustituible, en tanto que es necesaria para el cumplimiento efectivo del interés general, una de las principales actividades que debe desarrollar la administración pública o poder ejecutivo, es la prestación de los servicios públicos que en todo momento se le demanden.

Es por eso que el gobierno tiene como función, el control del poder ejecutivo del estado, ocupándose que exista estado de derecho, así mismo es el garante de los aspectos relacionados a la gestión de cuestiones públicas, como por ejemplo los sistemas educativos, salud, medioambiente o las relaciones internacionales con otros territorios.

El gobierno de forma organizacional está constituido dos figuras fundamentales: el Presidente y los ministros quienes dirigen asuntos específicos, constituyendo estos una gran parte de la administración pública nacional que básicamente se expresa en tres formas: Administración Pública Centralizada, Desconcentrada y Descentralizada.

En este caso particular el enfoque se centra, abordando el quehacer de la Administración Descentralizada - Autónoma, donde se encuentran inmersos los gobiernos municipales, dotados de personalidad jurídica y patrimonio propio, por lo tanto, son responsables de cumplir una serie de actividades específicas de interés público. Es importante remarcar que los entes municipales están inscritos bajo el marco de acción del poder ejecutivo como una forma de organización de la administración pública.

Los procesos de descentralización tienen como fin, garantizar una mejor gestión local del desarrollo, incluyendo en muchos casos los recursos naturales y por ende el agua. Por lo cual los gobiernos municipales (Alcaldías), a través de la descentralización brindan soluciones rápidas y efectivas aquellos asuntos administrativos y por lo tanto los intereses locales, son mejor atendidos por las personas de la misma localidad, se actúa de forma directa y cercana a las necesidades o situaciones que se presentan.

Lo anteriormente descrito tiene relación con lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016, donde se establece que la Gestión Pública Participativa y Democracia Directa, nos refiere según el acápite 318 a que

los avances en la reducción de la pobreza y desigualdad en Nicaragua, han sido posibles por las prácticas de gestión pública con la participación del pueblo ejerciendo la democracia directa. Esto ha permitido lograr una mayor eficiencia y eficacia en la producción y prestación de los servicios públicos y gestión del desarrollo humano local. En este contexto, la descentralización ha permitido mayor vinculación con la ciudadanía organizada en gabinetes del poder ciudadano otorgándoles mayor poder de decisión, lo que ha permitido mejorar la administración pública en todos los niveles, definiendo la responsabilidad de competencias. (GRUN, 2012-2016, pág. 69)

Dentro de la dinámica del servicio de la administración pública, en cada alcaldía municipal se establece según decreto de Ley No. 50-2010 (Poder Ejecutivo, 2010), las Unidades Técnicas Municipales (UTM), con el objeto de brindar atención y asistencia a los CAPS en los aspectos relacionados con:

- Llevar el libro de Registro municipal de los CAPS, debidamente foliado y con la apertura de cada año, firmada por el Alcalde municipal.
- Abrir un expediente individual para cada CAPS, el que debe contener básicamente las siguientes generalidades: número de registro de certificación municipal, nombre genérico y específico del CAPS, nombre de la comunidad.
- Llevar en legajos foliados las certificaciones extendidas a los CAPS con una copia respectiva en el expediente de cada uno de ellos.

- Coordinar a nivel de municipio las actividades de atención a los CAPS, con las entidades locales tales como Alcaldías, MINSA, ENACAL. INAA, MARENA, INIFOM y nuevo FISE entre otras -instituciones u organismos.

De forma que para llegar a comprender el accionar de los CAPS como organizaciones comunitarias, es necesario antes plantear algunas nociones sobre las definiciones de los conceptos de comunidad.

Desde la disciplina de las ciencias sociales las reflexiones en torno al concepto de comunidad hacen referencia al conjunto de interacciones de carácter social de los comunitarios, quienes convergen en aspectos culturales, tradiciones, valores y creencias, que se desarrollan en un entorno de intereses y necesidades compartidas por sus miembros. Entre los investigadores que abordan el tema se encuentra Natalio Kisnerman, quien señala que “el concepto de comunidad proviene del latín communis, que significa hombres conviviendo juntos en un espacio, compartiendo algo, convivencia, comunicación, unidad. (Kisnerman, 1990)

Para el autor, la comunidad abarca una red entramada de relaciones sociales y no es meramente una delimitación espacial o geográfica, la organización social responde a intereses colectivos, es por ello que podemos encontrar diferentes tipos de comunidades, entre ellas: grupos de parentesco, comunidades de lugar y comunidades espirituales.

Según (Causses, M 2009 citado en (Zavala, 2016) la definición de comunidad integra dos elementos claves: los elementos estructurales que consideran a la comunidad como un grupo geográficamente localizado y regido por organizaciones e instituciones de carácter político, social y económico, y los elementos funcionales que se refieren a la existencia de necesidades objetivas e intereses comunes.

Las diferentes organizaciones sociales, presentes tanto en comunidades rurales como en comunidades urbanas, ilustran la capacidad de organización de las personas como una forma de aunar esfuerzos en la búsqueda de un objetivo o de una respuesta a necesidades específicas de la población.

Finalmente, y de manera concreta en un entorno donde la comunidad se organiza y gestiona ante la administración pública la solución diversos problemas o necesidades puntuales. Las personas de comunidades urbanas o rurales infieren como actores fundamentales en el

fortalecimiento institucional y el desarrollo humano convirtiéndose estos, en agentes cambios, dado que son partícipes junto a la administración pública territorial en la búsqueda de repuestas oportunas a sus demandas. Por lo cual constituye un derecho básico al que tienen todos los nicaragüenses según lo conferido en la Ley 475 Ley de Participación Ciudadana que en el apéndice No. V manifiesta que:

Existe una diversidad de prácticas referidas a la participación ciudadana, de forma cotidiana que se vinculan a la vida del quehacer del espectro público del Estado en toda su dimensión, las que merecen ser reguladas y sancionadas jurídicamente por el Estado, pues la gestión pública no puede ser concebida hoy en día sin la participación directa y permanente de la ciudadanía, pues esto constituye uno de los aspectos que exige un nuevo rol del Estado para contribuir a la transformación de los modelos y concepciones tradicionales sobre la forma y manera de gobernar y convertir a los ciudadanos, desde su condición y calidad de administrados, en protagonistas de los procesos de transformación de la sociedad nicaragüense y sus diferentes modalidades en la gestión desde las comunidades de la nación. (Poder Ejecutivo, 2003).

En referencia a la participación ciudadana es importante mencionar que la Constitución Política de Nicaragua en el Capítulo II Derechos Políticos establece en los Artículos:

No 50. “Los ciudadanos tienen derecho de participar en igualdad de condiciones en los asuntos públicos y en la gestión estatal”.

No.52. Los ciudadanos tienen derecho de hacer peticiones, denunciar anomalías y hacer críticas constructivas, en forma individual o colectiva, a los Poderes del Estado o cualquier autoridad; de obtener una pronta resolución o respuesta y de que se les comunique lo resuelto en los plazos que la ley establezca. (Gaceta Diario Oficial No. 32, 2014)

En este contexto, los comités de agua potable y saneamiento (CAPS), son una expresión de organización comunitaria, que pone de manifiesto la participación ciudadana, la cual es una dimensión del concepto de ciudadanía, que nace estrechamente vinculado al concepto de democracia, particularmente al concepto de democracia Participativa o democracia directa, pues la participación ciudadana como se ha mencionado desarrolla y fortalece la democracia, incidiendo y decidiendo en los asuntos públicos, sobre aspectos que le afectan o favorecen en su vida cotidiana, en comunidad y sociedad.

De acuerdo (Muñoz, S., 2013 citado en (Zavala, 2016) en Nicaragua

los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), se han definido como formas de organización comunitaria de hombres y mujeres electos por la comunidad, que se encargan de la gestión del agua, organizando a la población, coordinando acciones con otras instancias presentes en la comunidad y el municipio, para realizar gestiones organizativas y operativas que garanticen el acceso al agua y saneamiento de las familias.

A continuación, se describe marco legal de la constitución de los Comités de Agua Potable y Saneamiento.

4.6. Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS)

En el país desde el año 2007 se aprobó la Ley No. 620 - Ley General de aguas Nacionales (Poder Legislativo, 2007), esta ley establece el marco jurídico constitucional para la administración, conservación, desarrollo, uso y aprovechamiento del recurso agua sean superficiales, subterráneas, residuales, además de garantizar la protección de los recursos naturales y el ecosistema. Esta ley marca la pauta para establecer organizaciones comunitarias bajo el precepto que todos los nicaragüenses tienen el derecho constitucional al acceso al recurso agua. (Asociación Fenix, 2013)

El 29 de junio, (Poder Legislativo, 2010) aprobó la Ley 722 “**Ley Especial de comité de agua potable y saneamiento**” en la cual legaliza a los CAPS existentes y los que se establezcan a futuro, que a nivel nacional suman unos cinco mil comités, los que partir de la fecha gozan de legalidad y personería jurídica; por lo que, con la aprobación de esta ley, el Estado está obligado a garantizar y fomentar su promoción y desarrollo.

Estos comités de agua potable y saneamiento, surgen de la necesidad del acceso al agua en muchas comunidades de los departamentos de nuestro país, por lo que la organización comunitaria y participación ciudadana se expresan alrededor de la búsqueda del bien común, rescatando el derecho al agua para las comunidades.

Sin duda alguna los CAPS, estarán contribuyendo al logro de los objetivos del desarrollo del milenio en materia de agua y saneamiento, donde país pretende reducir la brecha del porcentaje de personas sin acceso al vital líquido. Los CAPS vienen por lo tanto a ser una prioridad para los gobiernos locales municipales para que en cada se propicie la organización y participación, ciudadana “Ley N° 475”, expresión o instrumento jurídico dirigido a respaldar diferentes formas de organización de la ciudadanía y garantizar su participación activa en los espacios institucionales nacionales, regionales autónomos, departamentales y municipales. (Poder Legislativo, 2004)

4.6.1. Objeto y Aplicación de la Ley

La Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento, tiene por objeto establecer las disposiciones para la organización, constitución, legalización y funcionamiento de los Comités de Agua Potable y Saneamiento existentes en el país y de los que se organicen conforme la presente ley. Los Comités de Agua Potable y Saneamiento, serán identificados en el curso de esta Ley por su sigla "CAPS". (Poder Legislativo, 2010).

4.6.2. Características de los CAPS.

Se reconoce la existencia de los Comités de Agua Potable y Saneamiento, como organizaciones comunitarias sin fines de lucro e integrados por personas naturales electas democráticamente por la comunidad, como instrumentos que contribuyen al desarrollo económico y social, a la democracia participativa y la justicia social de la nación, creando, en este caso, las condiciones necesarias para garantizar el acceso al agua potable y el saneamiento a la población en general, con la finalidad de ejecutar acciones que contribuyen a la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH). Es obligación del Estado garantizar y fomentar su promoción y desarrollo.

Para efectos de esta Ley y su reglamento, los CAPS se definen como organizaciones sin fines de lucro, que de manera voluntaria y electos democráticamente, tienen a su cargo la administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable y saneamiento en la comunidad, con el apoyo de todos los usuarios, a quienes, además, rinden cuentas de sus gestiones y actividades.

El Arto. No. 11, de la Ley 272 del comité de agua potable, establece que los CAPS, se legalizan a través de unos procedimientos. Estos deben tener su certificado de registro en la alcaldía municipal, para esto deben presentar a la Unidad Técnica Municipal (UTM), una solicitud acompañada del acta constitutiva, los estatutos y sus reglamentos, la Unidad Técnica Municipal, debe emitir el certificado en un máximo de 30 días. Dentro de estas unidades están las Unidades Municipales de Saneamiento (UMAS) que son las que prestan atención directamente a los CAPS.

Los CAPS, tienen obligaciones según lo estipulado en el Arto. No.15, el cual manifiesta que los CAPS adquieren bienes inmuebles necesarios para la construcción, rehabilitación, ampliación y desarrollo de los sistemas de agua potable, pero eso sí, estos bienes se consideran de carácter comunitario. Además, tienen que rehabilitar, mantener y ampliar obras y servicios necesarios para la operación y administración de los sistemas de agua potable.

4.6.3. Organización de los CAPS.

Los CAPS, los integran hombres y mujeres quienes asumen funciones de presidente, vicepresidente, secretario, tesorero, fiscal y, en ocasiones, encargados de mantenimiento. Dependiendo del territorio, de los enlaces que tengan con ONG y de la capacitación que hayan recibido, también tienen responsables de medio ambiente.

El presidente funciona como eje aglutinador, coordina las acciones y convoca a reuniones a los demás miembros. El vicepresidente suplente al presidente. El tesorero controla ingresos y egresos mensuales y presenta un informe anual. El secretario lleva actas de las reuniones y de los acuerdos.

El vocal es interlocutor ante las ONG y ante el gobierno convoca a toda la población a las asambleas comunitarias.

Quiénes integran los CAPS son elegidos por la comunidad y en general, no cobran por su trabajo. La cuota que la población paga por el servicio del agua se dedica a mantener el sistema, a reparar los tubos, a comprar algún material necesario para mantener el sistema funcionando y que incluso pueden cambiar a los miembros que no cumplen con las normas establecidas.

En los CAPS, la toma de las decisiones en relación a la construcción del sistema de distribución del agua, sobre cuánto y cómo se colectará la tarifa mensual, sobre quiénes serán los directivos y por cuánto tiempo dirigirán (tiempo que normalmente es de dos años), que sanciones se realizaran a quienes derrochan agua, son temas que se discuten comunitariamente. En este sentido, hay elementos que apuntan a una verdadera democracia participativa: “la elección de las juntas directivas, el establecimiento de normas, la asignación de responsabilidades se decide colectiva y comunitariamente. Estas prácticas han empoderado a las comunidades”. (Kreisman, 2010)

Como una forma de expresión de la participación ciudadana e inclusión de género, en la elección de la junta directiva de los CAPS en las comunidades, es totalmente:

recomendable incluir mujeres en la junta directiva de los CAPS, ya que tradicionalmente se encargan del agua en el hogar y a la hora de invitar a una asamblea para constituir un CAPS son las que más aportan. Pero esto no implica una recarga de trabajo adicional para ellas, más bien es una forma de reforzar el rol como una oportunidad para desarrollarse. (Fandiño, 2014)

Así mismo (Solanes & Gonzalez, 1996) mencionan que en la declaración de Dublín se establece que “Las mujeres desempeñan un rol fundamental en la provisión, gestión, y el salvaguardar del agua...”

En referencia a las funciones que deben desarrollar los CAPS en cada comunidad la Ley 722 “**Ley Especial de comité de agua potable y saneamiento** (Poder Legislativo, 2010) establece que deberán:

- Cumplir y hacer cumplir el Reglamento y las Normas que establezca el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado en lo relativo a la administración, operación y mantenimiento de los acueductos rurales.
- Convocar a reuniones a los comunitarios para tratar asuntos relativos al acueducto.

- Velar por el buen funcionamiento del servicio, ejecutando las obras necesarias para su conservación y mejoramiento, con la supervisión del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.
- Autorizar o suspender los servicios domiciliarios conforme el Reglamento y de conformidad con las disposiciones de la Autoridad de Aplicación.
- Recaudar y administrar los fondos provenientes de las tarifas correspondientes al sistema, así como los de contribuciones, rifas y eventos sociales que se realicen para incrementar los recursos del CAPS.
- Colaborar con el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, alcaldías, y el Ministerio de Salud, en las campañas de promoción comunal y divulgación sanitaria relativas al uso del agua.
- Fomentar la utilización adecuada del Sistema, controlando periódicamente los desperdicios de agua y su uso indebido en riegos agrícolas y otros usos no autorizados por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.
- Vigilar y proteger las fuentes de abastecimiento del Sistema, evitar su contaminación y ayudar a la protección de las micros cuencas hidrográficas de las fuentes de suministro de agua.
- Contratar los servicios del personal necesario para la operación y mantenimiento del sistema comunitario de abastecimiento de agua potable, para ahorrar gastos y evitar enfermedades.
- Rendir informes del funcionamiento del CAPS conforme el Reglamento, estatutos y las normas que para tales fines se establezcan.
- Cumplir con las normas de calidad del agua que establezca el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en coordinación con el Ministerio de Salud.

Los CAPS, como mecanismo de control están obligados a llevar libros de registro de usuarios, de actas y un libro donde reflejen los ingresos y egresos de los fondos y el movimiento de materiales e insumos. Estos libros deberán ser autorizados, sellados y rubricados por la Oficina de Registro Central de Prestadores de Servicios de Agua Potable y Saneamiento, a quien le corresponderá el control y seguimiento de los mismos de conformidad a las normativas y procedimientos que para tales efectos se elaboren y aprueben.

4.6.4. Asesoría y Capacitación Técnica.

El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados y la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios, darán asesorías técnicas y capacitación a cada CAPS, para efectos de garantizar su operatividad y funcionamiento en el cumplimiento de sus objetivos (Arto. No. 28 de la Ley No. 722)

Para saber cuántos CAPS existen, el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado tiene la obligación de mantener actualizado el registro central de prestadores de servicios de agua potable y saneamiento e informar a ANA de la cantidad, categoría y ubicación de los CAPS a nivel nacional, según lo decreto en el Arto. No.13 de la ley.

El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), como ente regulador a través de la gerencia de acueductos rurales, realizará inspecciones periódicas a los CAPS, con el fin de asesorar y supervisar el cumplimiento de las normas técnicas establecidas para la operación, mantenimiento y administración de los sistemas de suministro de agua potable en el medio rural. Según lo manifestado en el Arto. No. 29 - Apoyo en administración, salud y medio ambiente.

El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Salud, el Instituto Nacional Forestal, el Instituto Nicaragüense de Fomento y el Fondo de Inversión Social de Emergencia, en coordinación con las alcaldías respectivas, apoyarán a los CAPS con programas de capacitación sobre administración, sostenibilidad, operación del servicio, control de la calidad del agua, cuidado del medio ambiente y en especial la protección y conservación de las fuentes de agua. (Ibercotec, Asdenic, 2013).

La vinculación entre los CAPS y las municipalidades se efectúa a través de la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento denominadas (UMAS), juegan un rol fundamental para organizar, consolidar y darle el debido seguimiento a los CAPS constituidos a nivel de su territorio.

Para fortalecer los conocimientos de los técnicos municipales de las UMAS se deben capacitar en:

- Calidad de agua para consumo
- Metodología para calcular tarifas en acueductos rurales menores a 500 conexiones.
- Administración de sistemas de agua potable (Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable)

Bajo estos escenarios, los CAPS deben definir convenios para la elaboración, gestión, financiamiento y ejecución de proyectos de agua potable y saneamiento, gestionar ante las autoridades los servicios, asesorías, equipamiento, entre otros que necesiten para un mejor desenvolvimiento en sus actividades. Así mismo, impulsar y participar en programas de formación y capacitación para los asociados y dirigentes, asociarse a otros CAPS para las prestaciones de servicio a comunidades ubicadas en uno o más territorios municipales.

El mantenimiento también es responsabilidad de los CAPS, ellos se encargarán de manejar y administrar el dinero que proviene de las tarifas por la distribución del agua; este dinero será destinado para el mantenimiento.

4.6.5. Categorías de Proyectos manejados por los CAPS.

Según el Arto. No. 10, de la Ley No. 722, se establecen las siguientes categorías de los CAPS.

1) De mayor complejidad

- a. Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE)
- b. Mini Acueducto por Gravedad (MAG)

2) De menor complejidad

- a. Pozo Excavado, Equipado con Bomba de Mano (PEEBM)
- b. Pozo Perforado (PP)
- c. Captación de Manantial (CM)

De acuerdo a esta categorización, los sistemas de bombeo solar fotovoltaicos, se ubican dentro de la primera clasificación la de los Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), a excepción que los sistemas del estudio en mención funcionan con energía renovables haciendo uso y aprovechamiento del recurso solar en las distintas comunidades.

4.7. Sostenibilidad de los Sistemas de Agua Potable

La sostenibilidad, es un proceso sistemático complejo que presenta muchas dificultades para poder alcanzarse, implica dar los pasos necesarios para efectuar cambios que generen cierto grado de transformación, en busca de las mejoras cualitativas y desarrollo de las potencialidades en todo su conjunto. Por ejemplo, la sostenibilidad del medio ambiente y de los recursos naturales, caso específico que se trata en este estudio concerniente al manejo y uso racional del recurso agua.

Para (Johnston et al (2007:61). “A nivel de definición de diccionario, sostenibilidad significa que una determinada actividad o acción es capaz de ser mantenida indefinidamente”

La definición más citada de desarrollo sostenible es la de la Comisión Brudtland (WCED, 1987, 8) “progreso que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Arias Arbeláez, 2006)

La “sostenibilidad de los sistemas” en términos integrales indica que un sistema será sostenible, cuando se conjugan en forma eficiente las capacidades a nivel comunitario con el acceso a una tecnología apropiada en un territorio saludable en términos hídricos, considerando las potencialidades y limitaciones que generan el marco legal e institucional. (Latorre, y otros, 2003).

Según (ONU, 2003) “El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente”, es por lo tanto que

La sostenibilidad de los sistemas de agua y saneamiento” vista como un concepto integral que depende de tres factores interrelacionados, estos son: i) técnicos; ii) comunitarios; y ii) contexto natural, todos ellos ubicados dentro de un marco institucional y legal específico” (CINARA, 2003).

4.7.1. Factores de Sostenibilidad

Dentro de la gestión local integrada de los recursos hídricos, para poder lograr la sostenibilidad de los proyectos de agua y saneamiento, interactúan tres elementos básicos, como lo es la comunidad, contexto y la tecnología. De la conjunción de estos tres ámbitos, se observa que el riesgo y sostenibilidad se entrelazan en una correlación definida por el

contexto que tiene que ver con la calidad total del servicio, la cantidad de agua servida , la continuidad y disponibilidad del recurso en el tiempo, asimismo la comunidad debe tener una correcta actitud para el manejo de recurso agua, que es de naturaleza finita, deben estar integralmente apropiados de forma consistente para poner a disposición la capacidad técnica con la que cuentan, el capital social de la comunidad, que se organiza como un solo equipo en función de buscarle solución a distintas situaciones o problemas que se manifiestan entorno al manejo y uso racional del agua.

El otro elemento que constituye la sostenibilidad, es la tecnología, dentro de esta convergen el factor de complejidad de la tecnología de los sistemas con sus distintos dispositivos instalados, los recursos humanos que debe ser debidamente formados para la sostenibilidad del sistema, que implica la operación, preservación y el mantenimiento del mismo a costos aceptables. El siguiente esquema muestra los aspectos antes mencionados.



Figura 1. Elementos que construyen la sostenibilidad de los servicios de APS, Cinara 2003

Fuente: Adaptado de CINARA 2003 (Latorre, y otros, 2003)

Básicamente los factores de sostenibilidad que ayudan a disminuir los problemas en los sistemas de abastecimiento de agua son:

- Soluciones integrales.
- Participación, organización y gestión comunitaria.
- Selección de la tecnología apropiada.
- Capacidad económica y financiamiento local.

- Operación y mantenimiento.
- Manejo del recurso hídrico.
- Apoyo institucional continuo.

Estos factores deben ser parte integral de cualquier proyecto del sector, desde la fase de su planeación, pues se ha observado que su grado de desarrollo a través del tiempo depende de la calidad del proceso implementado. (Latorre, y otros, 2003)

4.7.1.1. Soluciones Integrales.

Está enfocado en la promoción de soluciones que integren el saneamiento e higiene dentro de las actividades de los comités de agua potable y saneamiento, en donde los temas de administración, funcionamiento y toma de decisiones se puedan abordar de manera integral.

Para lograr sistemas sostenibles, todo proyecto debe mostrar resultados en el mediano y largo plazo; los beneficios alcanzados deben incidir en una mejoría en la salud pública, la que se manifiesta en incremento de la productividad, en mayor ingreso, incremento en la inversión social, y en consecuencia en una mejor calidad de vida.

Dentro de un plan de sostenibilidad se deben facilitar las condiciones básicas, que permitan el fortalecimiento de capacidades institucionales y locales, desarrollar un trabajo colaborativo entre las organizaciones comunitarias, ONG e instituciones del estado, en la implementación de programas de higiene y saneamiento, a fin de disponer de agua apta para el uso doméstico y consumo humano, adecuadas condiciones de higiene y tratamiento de aguas grises.

4.7.1.2. Participación, Organización y Gestión Comunitaria.

Las organizaciones sociales presentes en comunidades rurales ilustran la capacidad de participación de las personas como una forma de sumar esfuerzos en la consecución de un objetivo o de una respuesta a necesidades específicas de los comunitarios, por lo cual la participación es un instrumento que confiere el poder a la comunidad para realizar la toma de decisiones basadas en un diagnóstico de necesidades concretas.

Al respecto (Chiavenato, 2007) plantea que “Una organización es un sistema de actividades conscientemente coordinadas de dos o más personas. La cooperación entre estas personas es esencial para la existencia de la organización”.

Reiterando, que la existencia de la organización se da cuando, las personas son capaces de comunicarse, están dispuestas a contribuir en una acción conjunta para alcanzar un propósito o un objetivo común. De manera que la comunidad inmersa en el proceso de organización participativa puede llevar a cabo con éxito la gestión comunitaria del recurso agua.

La gestión comunitaria del agua potable se fundamenta en lograr la satisfacción de necesidades humanas muy básicas, que tienen que ver con la sobrevivencia del ser humano, tal como plantea (Méndez, 2009 citado en (Zavala, 2016), “la gestión comunitaria del agua otorga, redistribuye y legitima el poder y el conocimiento de la gente en las comunidades para reflexionar y decidir colectivamente, sobre la sustentabilidad de sus propias prácticas socio-productivas cotidianas”.

El proceso de la gestión comunitaria puede ser entendida como la expresión más alta de participación, que implica un proceso de toma de decisiones, en ella actúan criterios de carácter administrativo y estructuras institucionales que operan bajo el cumplimiento de normativas establecidas, nivel de competencias y procedimientos, de acuerdo a (Solanes & Gonzalez, 1996) la resolución de la Organización Mundial del Agua (AWP) desarrollado en Dublín describe que “El desarrollo y la gestión de aguas debería ser basado en un enfoque participativo, involucrando usuarios, planificadores y gestores de políticas en todos los niveles”...

En Nicaragua, la gestión comunitaria del agua se ha desarrollado a través de los comités del agua potable y saneamiento (CAPS), que tienen competencia legal bajo el amparo de la ley 722, que les faculta a ejercer funciones de gestión comunitaria del agua en busca de satisfacer las demandas de abastecimiento de agua para consumo doméstico en dichas comunidades.

4.7.1.3. Selección de la Tecnología Apropriada.

La selección de la tecnología, es un factor relevante y debe responder en todo momento a la demanda comunitaria y no sobre pasar las capacidades tanto financieras como técnicas. Es importante puntualizar, que no necesariamente la última tecnología es la mejor alternativa que debemos considerar, para tal efecto se debe seleccionar aquella tecnología que ya ha sido valida en el tiempo y se conoce su viabilidad la cual permite obtener el mejor desempeño, por

lo que de no ser así en lugar de llevar una solución, se estará generando un problema que conlleva al derroche de recursos donde la eficiencia y la eficacia son totalmente escasas.

4.7.1.4. Capacidad Económica y Financiamiento Local.

Este factor depende directamente de la disposición de los flujos continuos que permitan dar cobertura a los costos de operación y la conservación del sistema realizando los reemplazos de piezas y componentes que se requieran para mantener el sistema de suministro de agua funcionando bajo condiciones aceptables. Parte importante de la gestión comunitaria es conseguir que exista recuperación de costos por medio de la tarifa establecida de manera que se logre consolidar un fondo que garantice que dar soluciones efectivas a problemas técnicos que se presenten en el sistema.

De acuerdo con los principios de Dublín (Ibíd., 1996). “el agua es un bien económico y social que tiene un costo que debe ser cubierto por los usuarios”, en efecto el pago oportuno de los usuarios sirve para que exista sostenibilidad del sistema y por ende beneficia a los mismos pobladores mejorando la calidad de vida de los usuarios e inclusive aportando, mayor plusvalía a sus propias viviendas.

A nivel externo el CAPS podrá hacer gestión ante entes o agencias financieras o bien ONGs como ingenieros sin fronteras quienes apoyan en el mejoramiento de proyectos relacionados al suministro de agua y saneamiento en comunidades rurales.

4.7.1.5. Operación y Mantenimiento.

El plan de operación y mantenimiento tanto preventivo como correctivo de cualquier sistema, debe estipularse desde la etapa del diseño y deberá estar en congruencia con los recursos que se disponen localmente, la capacidad de resolución tecnológica de la comunidad y no debe dejarse por fuera las características o idiosincrasia cultural.

Luego de la etapa de puesta en marcha u operación de un proyecto, el mantenimiento es un aspecto de suma importancia en la sostenibilidad de este y cualquier otro tipo de proyecto, por

lo que a continuación se establecen algunas consideraciones referentes a los tipos de mantenimientos que se aplican a instalaciones y sistemas de suministro de agua domiciliar.

❖ **Mantenimiento Preventivo y Correctivo**

Antes de hacer referencia al mantenimiento, es necesario saber sobre lo que es la conservación, la cual se define como toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes. Esta se subdivide en dos ramas (Preservación y el Mantenimiento) la Preservación puede ser Periódica, Progresiva y Total y el Mantenimiento se subdivide en el Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo como se indica en siguiente esquema.

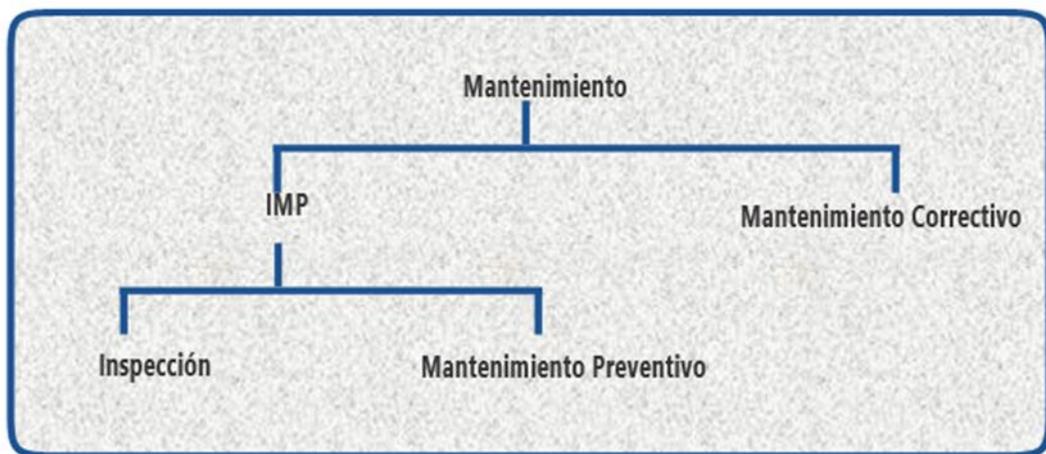


Figura 2. Esquema Básico del Mantenimiento

Fuente: Guía de Mantenimiento (OMS, 2012)

De acuerdo a (Muñoz Abella, 2014) el mantenimiento se define “como el conjunto de operaciones para que un equipamiento reúna las condiciones para el propósito para el que fue construido. Está compuesto por todas y cada una de las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios”.

El mantenimiento es una rama de la conservación y tiene como objeto de brindar apoyo la capacidad instalada, basada en tres pilares fundamentales de la gestión del mantenimiento como lo son la disponibilidad, la confiabilidad y el costo realmente aceptable.

De forma general existen dos tipos de mantenimiento.

- **Mantenimiento Preventivo:** Obedece a una programación y no a la demanda. Este programa deberá ser lógico, planificado y estructurado. Previene las fallas e

interrupciones en la operación del sistema de bombeo a través de sus cuatro tareas básicas: limpieza, inspección, lubricación y ajuste. Las fallas en su adecuada aplicación casi siempre se traducen en desorden, anarquía y altos costos, con la consiguiente generación de problemas adicionales de todo tipo, técnicos y no técnicos, que tarde o temprano son acusante del deterioro, total o parcial, de los equipos y componentes de un sistema de bombeo solar.

- **Mantenimiento Correctivo:** Obedece a la demanda y a una prioridad emergente y no a una programación. Este mantenimiento consiste en la realización de reparaciones de emergencia que se efectúan para evitar que los equipos y componentes de un sistema de bombeo solar se conviertan en inoperables o para recuperar sus condiciones operativas y funcionales dentro de un corto plazo.

La asignación de prioridades reviste particular importancia en el mantenimiento correctivo, ya que, por su misma naturaleza, si estas actividades no se limitan a lo estrictamente necesario, puede llegar a consumir la totalidad de los recursos materiales y económicos disponibles para mantenimiento, con un desmedro en la calidad, eficiencia y oportunidad de las actividades de la conservación.

4.7.1.6. Manejo del Recurso Hídrico.

Este factor debe entrelazar una gestión conjunta e integrada del agua, el suelo y los recursos naturales, con el objeto de maximizar el bienestar de la comunidad, sin que esto conlleve a comprometer la sostenibilidad de los distintos entornos de los distintos ecosistemas ambientales.

El manejo responsable del recurso agua por parte de los usuarios del sistema de abastecimiento domiciliario, es una tarea que parte de la concientización de cada uno de los comunitarios para hacer el uso efectivo del recurso, evitando actividades como riego, construcción, y fugas en llaves y conexiones en el sistema y dentro cada conexión domiciliario de abastecimiento de agua.

4.7.1.7. Apoyo Institucional Continúo.

En este sentido, la gestión del agua a través de los CAPS, vistos como organizaciones comunitarias cuya finalidad es satisfacer las demandas de agua para consumo doméstico de la población rural, representa el esfuerzo voluntario y organizado para contribuir al derecho humano al agua y saneamiento. Es por ello, que la ley de comités de agua potable y saneamiento (Ley N° 722) aprobada en mayo del 2010, reconoce y legitimiza estas formas de representación y organización comunitaria, que permiten poner en marcha mecanismos eficaces de comunicación y gestión entre la comunidad e instituciones públicas y ONGS relacionadas con el manejo y disponibilidad del agua de manera que, con la aprobación de la ley se da inicio al proceso de institucionalización y regulación de las funciones a través del instituto Nacional del agua.

4.8 Generación de Energía Fotovoltaica

El proceso sistemático de evaluación de un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica tiene un especial interés por implica el aprovechamiento de los recursos naturales para ser utilizados como un elemento de cambio significativo en sitios aislados. Por lo que según (Ocaña, 2104), “este tipo de tecnología ha demostrado a lo largo de los años ser un modo efectivo de suministro de agua potable para usuarios y comunidades rurales, así como para aplicaciones agrícolas (irrigación) y ganaderas (abrevaderos)”. Evaluación Paramétrica Recurso Solar.

4.8.1 Radiación Solar y su Aprovechamiento

El Sol, es una fuente inagotable de energía, debido a las reacciones nucleares; nuestra paneta recibe en el exterior de su atmósfera una potencia total de $1.73 \cdot 10^{14}$ kW. La energía solar que cae en la superficie terrestre, tiene una distribución temporal muy variable, por lo que además de variar, la insolación máxima diaria (horas en las que el Sol está por encima del horizonte del lugar), es en cierta forma atenuada por la composición instantánea de la atmósfera que atraviesa; por lo que solo el 47% en término medio de la radiación incidente sobre la atmósfera terrestre alcanza la superficie del planeta. De este, el 31% es la radiación que lo hace de forma directa y el otro 16% se dispersa por el polvo en suspensión, vapor de

agua y distintas moléculas presentes en el aire. La energía restante, un 53%, es reflejada hacia el espacio exterior o absorbida en la atmósfera. (Joaquin Barrios, 2008)

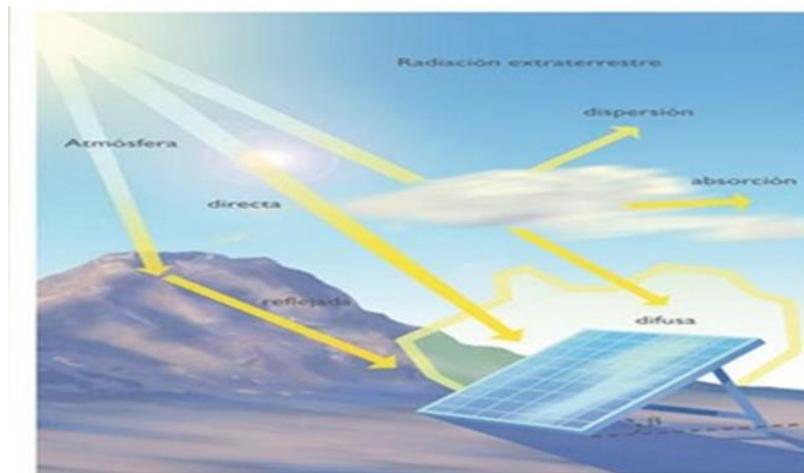


Figura 3. Interacción de la radiación solar con la atmósfera

Fuente: http://images.slideplayer.es/3/1069403/slides/slide_6.jpg

En un instante determinado, la potencia de la radiación solar que se recibe sobre un metro cuadrado de superficie, se conoce como irradiación (I_s) y se expresa en W/m^2 . Se denomina constante solar (S_s), al valor de la radiación solar en un plano exterior a la atmósfera y perpendicular a los rayos del Sol, para una distancia media Tierra-Sol. El valor determinado por la NASA indica que la constante solar es $1367 W/m^2$. (NASA, 2016)

❖ **Componentes de la Radiación en Superficie:** La atmósfera terrestre se compone de gases, nubes y partículas sólidas en suspensión, los cuales son culpables de la atenuación de la radiación que se origina debido a los fenómenos físicos de absorción, reflexión y refracción que la radiación solar sufre a medida que atraviesa la masa de aire.

Como resultado de la interacción de la radiación solar con la atmósfera la energía que llega a la superficie tiene diferentes componentes:

- **Radiación directa:** no ha sufrido ninguno de los citados fenómenos y llega a la superficie en la dirección del disco solar.
- **Radiación difusa:** procede del resto de direcciones de la bóveda celeste.
- **Radiación reflejada:** un captador inclinado también puede recibir radiación previamente reflejada en el suelo.
- **Radiación global:** el conjunto de radiaciones que alcanza la superficie.

❖ **Posición del Sol y Geometría del Movimiento Solar:** El movimiento aparente del sol, a través de la bóveda celeste es otro factor que, junto a las condiciones atmosféricas, determina la incidencia de la radiación sobre un captador solar a lo largo del día y del año. Se conoce como eclíptica a la línea imaginaria que representa la órbita que la Tierra describe en su movimiento de traslación alrededor del sol en una trayectoria en forma de elipse, con excentricidad de un 3%. En su movimiento de traslación el eje de rotación terrestre forma siempre el mismo ángulo de $23,45^\circ$ con la perpendicular al plano de la eclíptica.

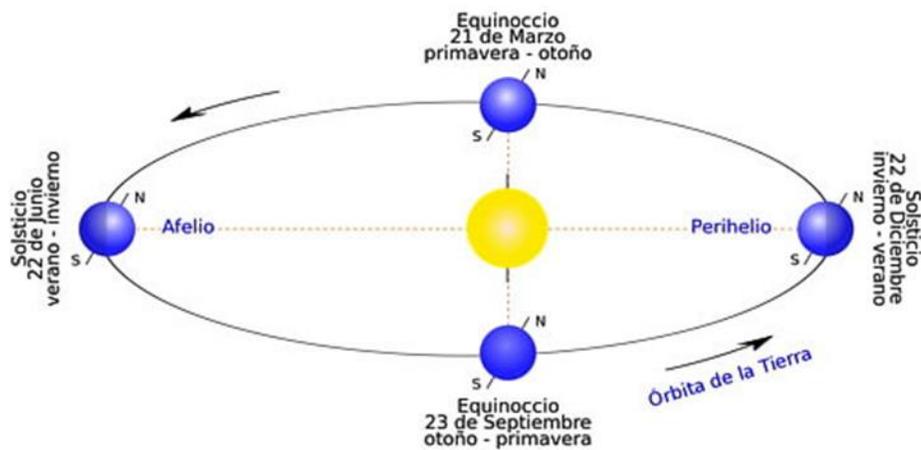


Figura 4. Movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol

Fuente: <http://www.astromia.com/tierraluna/movtierra.htm>

Se conoce como declinación, al ángulo que forma el plano de la eclíptica con el plano del ecuador, varía entre $23,45^\circ$ el día de solsticio de verano y $-23,45^\circ$ el día del solsticio de invierno.

El Sol se sitúa en la perpendicular al plano del horizonte un instante al año, al mediodía del solsticio de verano y de invierno, respectivamente en los lugares extremos de latitud: los trópicos de Cáncer ($23,45^\circ$ Norte) y de Capricornio ($23,45^\circ$ Sur).

El planeta tierra, describe una órbita elíptica en su traslación alrededor de su estrella e invierte 365 días en completar un ciclo que llamamos año. La tierra idealizada como una esfera, gira

en torno a una recta que lo atravesaría de norte a sur por su centro, podemos afirmar que este eje rotacional se mantiene constantemente inclinado 23 o $27'$ respecto del plano elíptico

Cualquier punto de la tierra se puede localizar por sus coordenadas globales, denominadas Latitud (φ) y Longitud (L), correspondientes a su paralelo y meridiano respectivamente.

La latitud se mide por su elevación en grados respecto al ecuador, considerando el polo norte como $\varphi = 90^\circ$ N. Por convención, se toman valores positivos para el hemisferio norte y negativos para el sur, son paralelos de referencia del hemisferio norte.

Desde el punto de vista de un observador sobre la superficie de la Tierra, el Sol parece describir un arco de círculo desde su salida hasta su puesta. Para el estudio del soleamiento en cualquier superficie es de interés recuperar el concepto antropocéntrico del universo, suponiendo que el sol realiza su recorrido por una bóveda celeste, del cual somos el centro. Los puntos singulares de la bóveda o hemisferio celeste serían el punto más alto o cenit (nadir sería el punto opuesto), y el plano del horizonte con las orientaciones principales (N, S, E y W).

Las coordenadas celestes permiten localizar cualquier punto del hemisferio por su Altura (A) sobre el horizonte y su Azimut (z) o desviación al este u oeste del Norte.

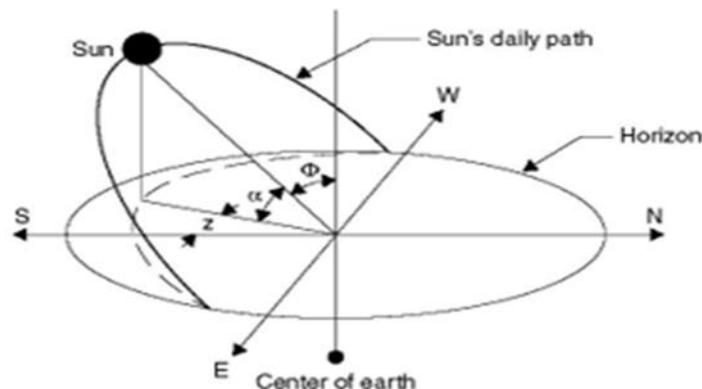


Figura 5. Descripción de los ángulos Solares

Fuente: (Soteris, 2009)

El punto de intersección entre la vertical del observador sobre la superficie terrestre y la bóveda celeste, se llama cenit. El eje de la Tierra forma un ángulo igual a la latitud del lugar (φ) con el plano del horizonte del observador.

Según el sistema de referencia escogido, la posición del Sol se puede referir en dos sistemas de coordenadas centradas en el observador: horarias (δ s declinación, ω s ángulo horario) y horizontales (hs altura solar, as azimut). Estas coordenadas determinan el vector solar entendido como un vector con origen en el observador y extremo en el Sol.

La declinación solar δ s ($^{\circ}$): posición angular del Sol al mediodía solar con respecto al plano del Ecuador terrestre, Norte positivo. Siendo “n” el día del año

$$\delta s = 23,45 \sin\left(360x \frac{284+n}{365}\right) \quad (\text{ec-1})$$

Ángulo horario solar ω s ($^{\circ}$): desplazamiento angular del Sol, Este u Oeste respecto del meridiano local debido a la rotación de la Tierra sobre su eje a 15° por hora, mañana negativo, tarde positivo. Siendo “h” la hora del día.

$$\omega_s = \frac{15^{\circ}}{h} (h - 12h) \quad (\text{ec-2})$$

Altura solar α : es ángulo entre la radiación del sol sobre el plano horizontal visto desde el observador. Varía entre 0° y 90° . Es el complemento de ángulo cenital.

$$\alpha + \phi = \pi/2 \quad (\text{ec-3})$$

Donde Φ es el ángulo solar cénit representado en la figura No.4

Ángulo azimutal z o as ($^{\circ}$): es el ángulo determinado por la proyección del Sol sobre la superficie de la Tierra partiendo de la posición Sur, por tanto, se consideran ángulos negativos desplazamientos hacia el Este y positivos hacia el Oeste. (Soteris, 2009)

$$\sin(z) = \cos(\delta) * \sin h / \cos(\alpha) \quad (\text{ec-4})$$

En donde, h es el ángulo horario

4.8.2 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica, se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos, que comúnmente se confeccionan de silicio, también, es posible encontrar la integración de otros materiales.

Para tal efecto (Fernandez J. , 2010), afirma que “La energía solar fotovoltaica corresponde a un sistema directo de conversión, ya que los fotones de la radiación solar interactúan de modo directo sobre los electrones del captador fotovoltaico para dar lugar al efecto fotoeléctrico y,

en él, a la generación de corriente eléctrica” (p. 41). Por lo que el componente básico del sistema es la célula solar o celda solar.

El efecto fotovoltaico, se basa en la capacidad de los electrones de un material para excitarse y promocionar a un nivel energético superior. Existen dos niveles o bandas de energía, denominadas banda de conducción y banda de valencia, a la separación entre ambos niveles se les conoce como gap de energía, los materiales semiconductores, tienen la característica de poseer una pequeña separación, por lo que el efecto fotoeléctrico que se genera en las celdas fotovoltaicas, debido a la incidencia de los fotones sobre dichas celdas permiten que los electrones se separen de sus átomos, convirtiéndose en energía útil que sirve para alimentar la demanda de potencia de los distintos dispositivos de consumo eléctrico.

Existen múltiples aplicaciones para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica, entre las que se encuentran energía para bombeo de agua, iluminación de hogares e instalaciones industriales, energía para dispositivos motrices de cualquier tipo.

4.8.3 Paneles Fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico (FV), es un sistema que capta la energía solar en el que tiene lugar una conversión directa (fotones de luz golpean la placa de la célula solar o celda solar y desprenden electrones) para proporcionar corriente eléctrica. Como tal es un arreglo de células o celdas en serie que dan lugar a lo que es el panel o módulo fotovoltaico (FV) con las propias características técnicas de tensión y corriente.

La potencia proporcionada por un panel FV, está en dependencia del rendimiento de los componentes semiconductores, la radiación solar en un tiempo dado y el ángulo con el que los rayos solares inciden sobre él.

Básicamente la célula solar está construida de silicio, material extraído de la arena común (SiO_2), según (Fernandez J. , 2010) en el proceso de construcción de éstas contempla “seis procesos principales extracción del oxígeno de la arena para obtener silicio, purificación del silicio, crecimiento, corte para obtener las obleas de silicio, formación de la célula, y encapsulado de la célula para formar el panel”

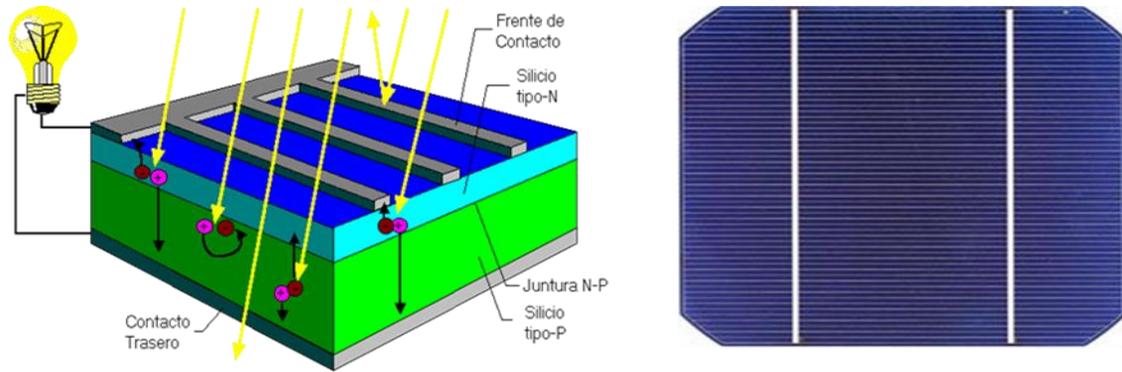


Figura 6. Construcción de la una celda fotovoltaica

Fuente: <http://users.dcc.uchile.cl/~roseguel/celdasolar.html>

❖ Tipos de Células Solares

Las celdas solares de silicio se pueden fabricar de diferentes formas, por supuesto con diversas tecnologías, para lograr determinados objetivos de rendimiento, además diferentes condiciones físicas, tales como la flexibilidad, el espesor y diferencias de precio. Por lo que la elección para la fabricación depende de los objetivos que se desean conseguir.

El 87,4% de las células solares comerciales se fabrican con silicio cristalino. El Silicio es el elemento más abundante en la corteza terrestre (más del 60%).

- **Silicio ‘monocristalino’:** Fueron los primeros ejemplares que surgieron en las células FV (año 1954), la obtención se hace a través del método de crecimiento de los cristales denominado *Czchralsky*, mediante silicio puro fundido y dopado con boro. Estas células se caracterizan por tener un color azul homogéneo. En términos de eficiencia estas células están por el orden del 15 y 18% respecto a la energía incidente en la superficie.
- **Silicio ‘policristalino’:** Estas células se diferencian de las ‘monocristalinas’ por las variantes en las tonalidades del azul. Con esta tecnología se logra tener menor espesor (solo algunas micras) en comparación con las ‘monocristalinas’, pero el rendimiento es menor por las impurezas en el material y esta ronda por el (12 y 14) %. El precio en el mercado es menor que las anteriores porque en el proceso de obtención intervienen menor número de fases de ‘cristalización’.
- **Silicio amorfo:** En comparación con las dos anteriores, esta es la que tiene menor rendimiento que es <10%, el costo es menor, se pueden construir células

FV flexibles que luego se pueden adherir a vidrios, plásticos o similar. Presentan un color marrón homogéneo.

❖ Tipos de módulos fotovoltaicos: en función del tipo de célula

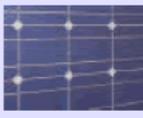
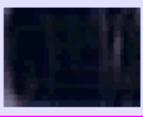
CÉLULAS		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERÍSTICAS	FABRICACIÓN
	MONOCRISTALINO	24 %	15 - 18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	POLICRISTALINO	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	AMORFO	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Tabla No.1: Tecnologías de las Células Solares

Fuente: <http://www.ujen.es/investiga/solar/07cursosolar/index.htm>

❖ Estructura de Composición de los Paneles Fotovoltaicos

En los paneles solares fotovoltaicos, se pueden observar las células y las conexiones a modo de pistas que las unen, esto para formar un circuito de configuración serie-paralelo, estas pistas finalizan en la denominada caja de conexiones, lugar de donde sale la comunicación para el exterior.

Existen diferentes formas de conexiones de los paneles fotovoltaicos que a continuación se detallan:

- Una de ellas es que pueden formar un solo circuito, con lo que la terminación o configuración es en forma de dos puntos de conexión.
- Otra es formar dos circuitos, con lo que la terminación es en forma de dos terminales, o bien dos circuitos con una línea en común, por lo que en la caja tipo NEMA se encuentran tres terminales.

Para el primer caso, la tensión del panel es única, la asignada durante la construcción, pero en el segundo es posible disponer de dos grupos en serie para cambiar la tensión puede ser el caso de requerir configuración de 6 a 12V o de 12 a 24V, esto según se requiera para alimentar la carga del sistema.

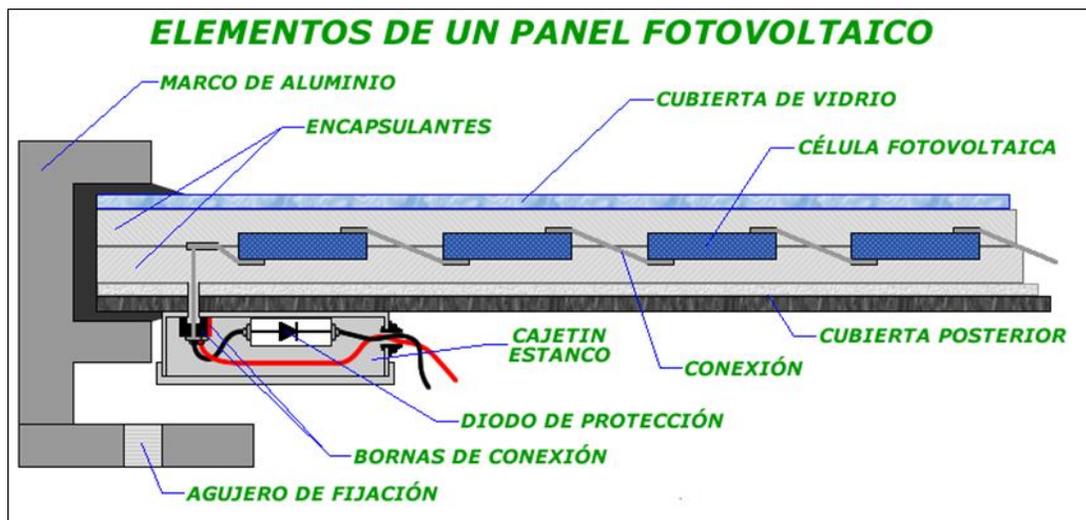
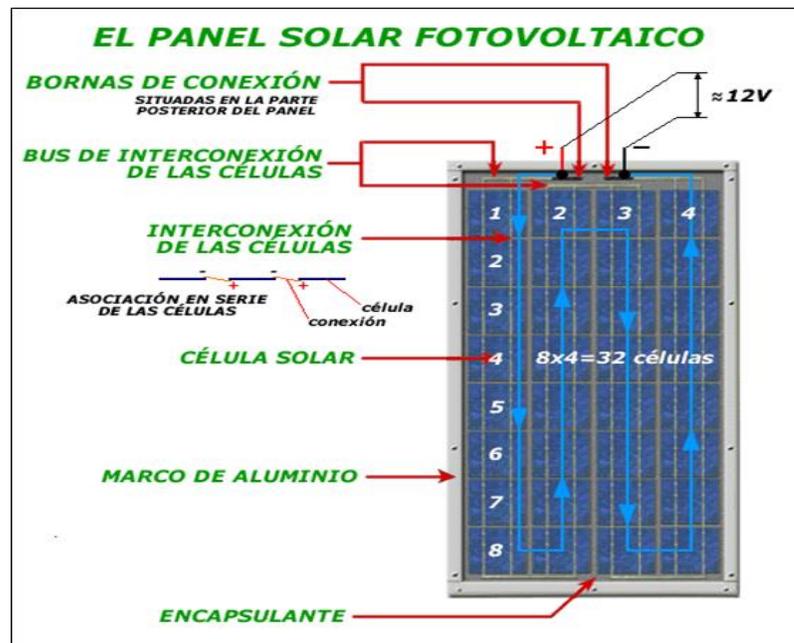


Figura 7. Componentes de una celda fotovoltaica

Fuente: (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAIE, 2009)

4.8.4 Configuración de Tensión y Corriente en Módulos Fotovoltaico

Es necesario hacer cálculo de dimensionado previo a la instalación de los paneles FV, también se debe conocer con bastante exactitud el requerimiento de potencia necesaria que debe suministrar el sistema de generación solar para satisfacer la demanda de la carga de consumo, esto con sus márgenes de seguridad que deben tomarse según los como criterios de diseño.

El generador FV puede ser instalado sobre una estructura fija con mecanismo manual para ajustar posicionamiento. No obstante, en ocasiones se emplean estructuras con seguimiento solar para obtener valores más altos de concentración generando un porcentaje ganancia en energía producida es mucho mayor que un sistema de arreglo convencional.

De manera secuencial los módulos fotovoltaicos se conectan a su vez para formar sistemas fotovoltaicos. La conexión puede ser en serie o en paralelo dependiendo de la tensión y corriente deseadas. Cuando se busca aumentar la tensión la conexión ha de ser en serie, sin embargo si lo queremos es una corriente de salida mayor las conexiones se realizan en paralelo. Normalmente las conexiones de los módulos se realizan jugando con ambas conexiones de tal manera que consigamos los niveles de tensión y salida requeridos. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE, 2009)

❖ Configuraciones Series – Paralelo de Módulos Fotovoltaicos

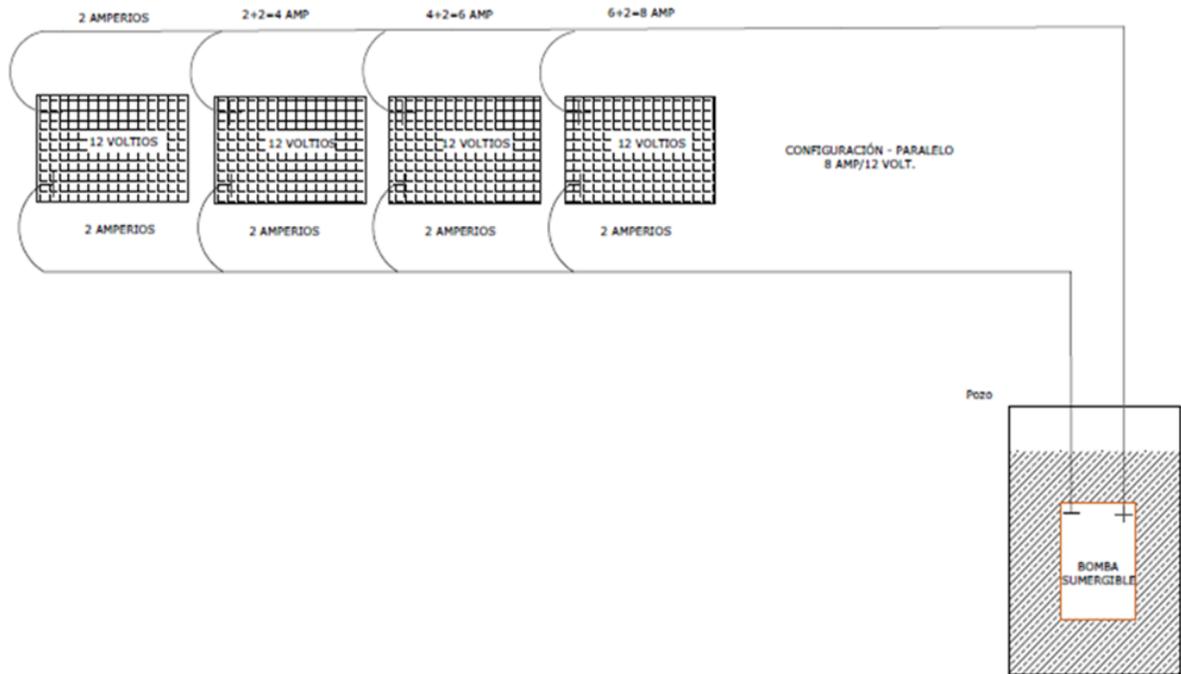


Figura 8. Configuración/conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos

Fuente: Elaboración Maykol Jarquín - CAD-2015



Figura 9. Configuración/conexión en serie de módulos fotovoltaicos

Fuente: Elaboración Maykol Jarquín - CAD-2015

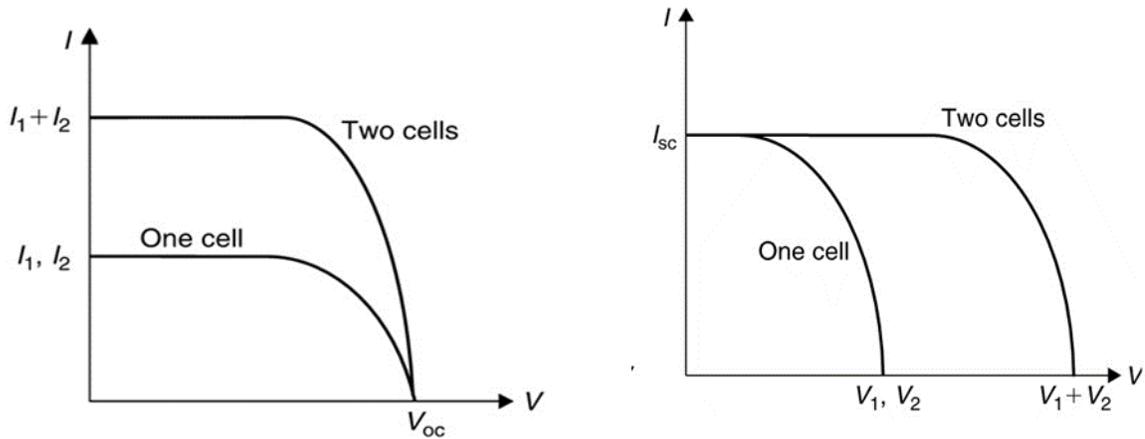


Figura 10: Curvas de instalación de dos celdas - configuración en paralelo y serie respectivamente

Fuente: (Soteris, 2009)

En los gráficos se puede evidenciar que en los arreglos fotovoltaicos conectados en paralelo el voltaje es el mismo y la corriente es diferente, lo cual es diferente para las configuraciones de arreglos conectados en serie donde el voltaje es diferente y la corriente es la misma.

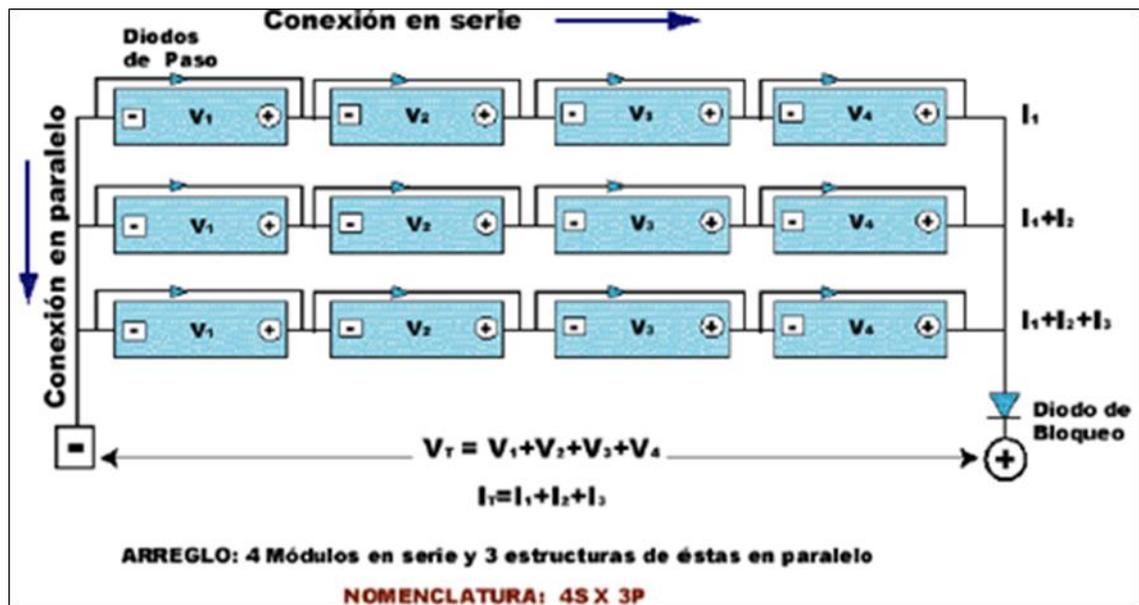


Figura 11. Conexión de módulos fotovoltaicos.

Fuente: (Sandia National Laboratories (SNL), 2001)

Respecto a las conexiones de los paneles FV, es importante su ubicación en un lugar en donde la radiación solar no se vea interferida por sombras, además que bajan el rendimiento, es necesario aclarar que pueden generarse algunas averías producto de recalentamiento en una de las células y esto porque el punto caliente en un módulo solar fotovoltaico se origina cuando una de las células está averiada o bajo sombra. Esta situación puede dañar el módulo por completo, ya que se producen picos de corriente elevados y el panel llega a calentarse demasiado. Para evitar esto, existe una solución que consiste en la disposición de un juego de diodos que ya vienen instalados de fábrica para todos los módulos.

Los diodos convencionales son componentes electrónicos que permiten el paso de corriente en una única dirección. En el caso de las células FV las conexiones son como diodos de bypass y evitan que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos reproducen sombras.

Para proteger el panel se instalan diodos bypass (Magaña, 2011) manifiesta que: generalmente los productores instalan un diodo bypass por 12-24 celdas. Si sobre una celda instalada no hay luz radiante incidente, la corriente va a pasar el diodo bypass. En consecuencia, resulta una reducción del voltaje total pero no se forma calor a la resistencia.

❖ **Curvas Características de un Sistema Fotovoltaico.**

A continuación, se muestran curvas características de un panel o bien de un generador solar fotovoltaico. Como podemos apreciar el punto de máxima potencia está dado en (I_{max}, V_{max}) , se alcanza a valores levemente inferiores de la intensidad de cortocircuito, I_{sc} , y a la tensión de circuito abierto V_{oc} . En este punto el rendimiento del panel se hace máximo, por lo que será el deseado para la optimización del funcionamiento del panel y por lo tanto se intentará trabajar a intensidad y tensiones sino idénticas a él, lo más próximas posibles.

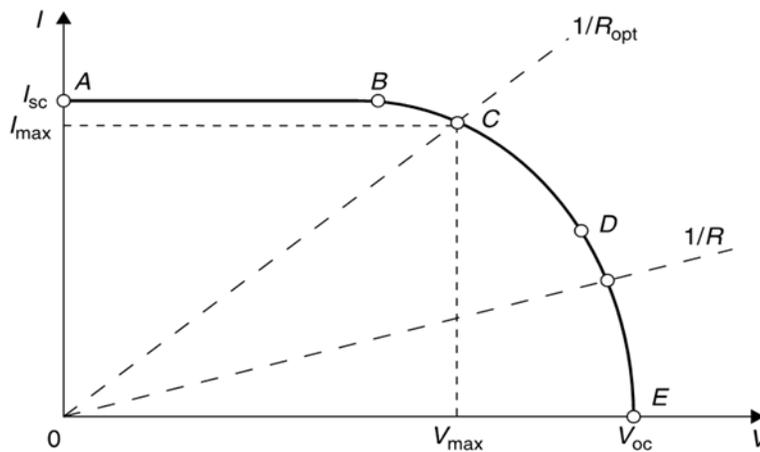


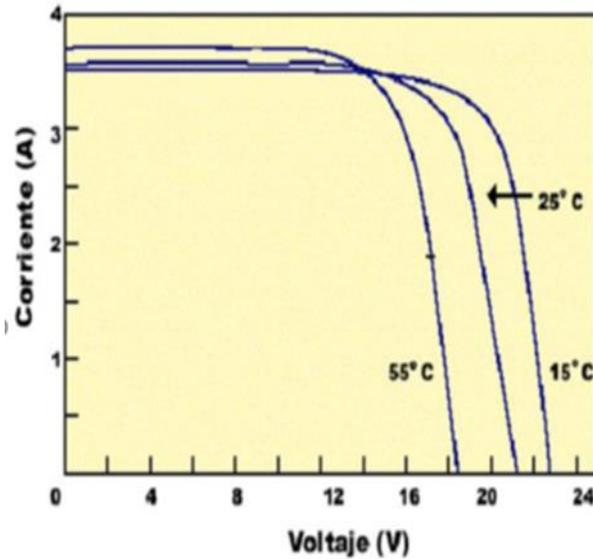
Figura 12: Curva representativa de corriente - voltaje para celdas fotovoltaicas

Fuente: (Soteris, 2009)

- **Corriente de cortocircuito (I_{sc}):** Es la máxima intensidad generada en el panel cuando no hay conectado ningún consumo y se cortocircuitan sus bornes. Suele rondar los 3 A.
- **Tensión de circuito abierto (V_{oc}):** máxima tensión que proporciona el panel, cuando no hay conectado ningún consumo (los bornes están al aire). Para paneles de 60 células en serie suele ser menor de 22 V o normalmente se tienen los 20V.
- **Punto de máxima potencia (I_{max} , V_{max}):** punto para el cual la potencia entregada es máxima, obteniéndose el mayor rendimiento posible del panel. Los valores típicos de I_{max} y V_{max} son algo menores que I_{sc} y V_{oc} . La potencia varía entre 10 y 300 W, aunque existen algunos de mayor potencia, pero no son muy comunes.

La curva característica de los módulos fotovoltaicos se da en condiciones estándar de medida, según la norma europea - EN61215 de: 1 Sol (1000 W/m^2), incidencia normal, distribución espectral de la radiación incidente de Am 1.5 y 25°C de temperatura de célula. En estas condiciones se da la potencia del módulo en picos (W_p).

La potencia generada depende de la irradiación incidente y de la temperatura del módulo o celdas fotovoltaicas tal como se muestra en uno de los siguientes gráficos.



Nota: Curva característica de corriente generada vrs el voltaje en diferentes rangos de temperaturas de operación (Irradiación de 1000 W/m²)

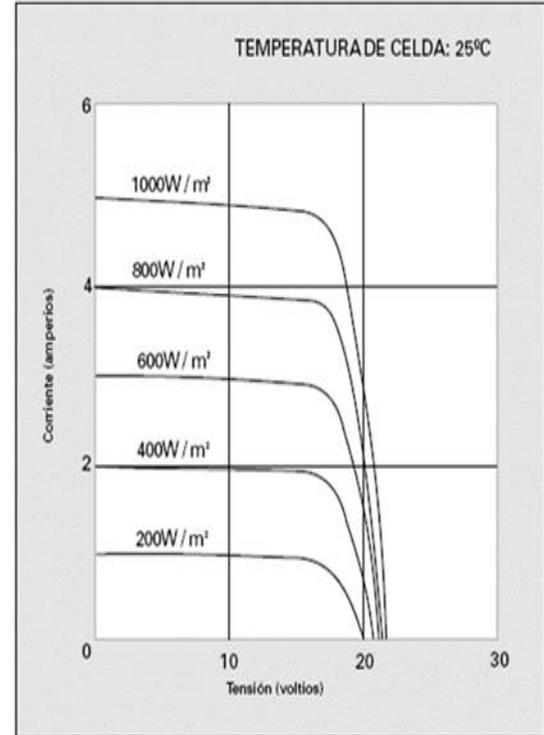


Figura 13. Curvas características intensidad vrs voltaje (I-V) de módulos fotovoltaicos

Fuente: (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAIE, 2009)

4.8.5 Ubicación e Instalación de sistemas Fotovoltaicos

Es común ver que los paneles FV, son ubicados en bases fijas con orientación hacia el sur y con cierta inclinación que está en correspondencia con la latitud del lugar donde se instalen, en el caso específico de Estelí, Nicaragua con una latitud 13,05°, se sugiere que se ubiquen con una inclinación óptima por lo que se debe inclinar con el ángulo que permita extraer la máxima radiación solar en el periodo más crítico, esto se obtiene por medio del cociente entre la energía que se debe aportar en unidades de (kWh/día) y la radiación solar incidente ($G(0- \beta)$) (kWh/m²/día), el resultado que sea mayor, será el correspondiente al mes más crítico.

❖ Consideraciones para el montaje de un sistema de bombeo.

La mayoría de los fallos en las instalaciones de bombeo provienen del inversor, del controlador o de la bomba. La realización de una instalación, operación y mantenimiento adecuados reducirán estos problemas. Algunas consideraciones importantes a la hora de realizar una instalación de bombeo fotovoltaico, están referidas según (Arnalich, 2008)

- Respetar las normativas de construcción y seguridad, así como el código eléctrico aplicable a este tipo de instalaciones. El cableado y toda la instalación debe cumplir con el Código Eléctrico Nacional (NEC), según lo estipulado en la NFPA 70 o código vigente.

Realizar un plan detallado de la instalación, asegurándose la disponibilidad de todos los manuales con diagramas, materiales y herramientas. Como mínimo se han de seguir los siguientes pasos:

- Verificación del pozo de agua (capacidad de producción) u obra civil: cimientos, tuberías y depósito de almacenamiento.
- Montaje de todos los componentes mecánicos y eléctricos del sistema, o verificación de la operación del sistema.
- Los niveles de agua pueden variar estacionalmente, y en algunos casos en un periodo de horas. El nivel de agua en zonas rocosas varía mucho durante el bombeo. La bomba debe estar sumergida en el agua y debidamente protegida con sistemas de control de niveles, para este caso se debe dejar adicionalmente una tubería PVC para la medición de niveles estáticos y dinámicos del pozo, también se requiere instalar una sonda de nivel en el depósito de almacenamiento para evitar el desperdicio del agua.
- Proteger la entrada de la bomba de la posible entrada de suciedad o arena mediante filtros adecuados en cada caso. Tener en cuenta las posibles pérdidas de carga que pueden causar estos filtros.
- La bomba irá provista de una válvula anti retorno o check, colocada en la columna de tubería de succión para evitar arranque en vacío.
- Evitar tuberías muy largas. Las pérdidas de carga pueden aumentar considerablemente la altura total de bombeo y por tanto el tamaño del generador FV.
- Utilizar tuberías de acero galvanizado o de PVC adecuadas para resistir una operación de al menos la vida útil del generador (>20 años) de diámetros adecuados para minimizar las pérdidas de carga minimizando las caídas de tensión.
- En instalaciones de suministro de agua potable, prever la construcción de un sistema de saneamiento que evite la formación de agua estancada en el entorno del punto de distribución.

- El cable para la sujeción de la bomba debe ser aislado para evitar fenómenos de corrosión por formación de pares galvánicos, se ha de disponer de un cable o cuerda de sujeción adicional de seguridad, el cable debe soportar el peso de la misma y de la tubería llena de agua y no se debe usar como sujeción solo la tubería y cables eléctricos.
- La instalación de bombas sumergibles es en general más difícil, requiriendo de grúas en bombas muy pesadas. Instalar la camisa de la bomba para mejorar la refrigeración del motor.
- En la instalación de bombas superficiales se ha de tener en cuenta la altura máxima de succión (<8m). Se dispondrá de una válvula de pie que mantenga siempre llena la tubería de aspiración en bombas no autocebantes. Es recomendable la instalación de una válvula anti retorno también en la tubería de impulsión a la salida de la bomba, para evitar golpes de ariete que dañen la bomba.
- Es necesario poner correctamente a tierra todo el equipo. Las bombas de agua atraen los rayos por la excelente tierra que proporcionan. Poner a tierra el marco del generador FV, todas las cajas de equipos. Las tuberías nunca deben ser utilizadas como tierra, ya que ésta puede ser interrumpida en operaciones de mantenimiento. Inducidas por fenómenos atmosféricos, instar controles de mando y fuerza con contactos relé y varistores para proteger los equipos contra sobre carga para protección del equipo.
- Proteger los equipos electrónicos en cajas intemperie según normativa NEMA tipo 4X.
- Los cables utilizados para bombas sumergibles deben de ser del tipo, sección o calibre adecuados para tal fin. Por lo tanto, se debe mantener las medidas de seguridad adecuadas: puesta a tierra de los conductores, la estructura del generador y los equipos, montar los interruptores necesarios (entre el generador y el inversor), colocar fusibles o interruptores en las líneas no puestas a tierra.
- Verificar cada una de las conexiones eléctricas que se realizarán en cajas de configuración tipo NEMA según el requerimiento de forma tal que permitan maniobra, inspección y revisión.
- La mayor parte de los fabricantes de sistemas de bombeo de agua para energía solar FV incluyen algún tipo de dispositivo de acoplo de impedancia para que el sistema

opere cerca del punto de máxima potencia, acoplando las características eléctricas del motor y del generador. Además, algunos tipos de bombas con elevado par de arranque, como las bombas de desplazamiento positivo, necesitan un dispositivo para suministrar estos picos de corriente de arranque.

- El generador puede ser una estructura fija o con seguimiento solar. Las estructuras fijas son más baratas y resistentes. Sin embargo, los seguidores solares pueden incrementar en un 30% - 40% el volumen bombeado durante el verano. La utilización de seguidores puede disminuir el tamaño del generador para bombear el mismo volumen de agua, pero añaden complejidad al sistema y necesitan mayor mantenimiento.
- Entregar un manual de operación y mantenimiento al usuario del sistema, así como brindar la capacitación adecuada, y hacer entrega a conformidad del sistema mediante instrumentos como actas de entrega.

4.9 Evaluación Paramétrica de los Recursos Solar e Hidráulicos

4.9.1 Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos.

Como hemos mencionado anteriormente la extracción de agua mediante equipos de bombeo fotovoltaico para abastecer las necesidades de consumo humano, de ganado o de regadío en zonas remotas tiene un enorme potencial de desarrollo. Para (Posorky, 1996), “esto no es solo debido al ahorro energético, sino también a que en los sitios más remotos puede resultar económicamente más viable instalar un equipo de estas características que llevar una línea desde la red”.

Pero debe considerarse aspectos relacionados al posicionamiento geográfico del sitio tanto en latitud como en longitud, dado que las condiciones ambientales varían de un lugar a otro esto en concordancia a lo descrito por (Meah, Ula, & Barrett, 2006)

Aunque existe una topología básica, las instalaciones de bombeo fotovoltaico pueden adoptar diferentes configuraciones, dando respuesta a condicionantes de tipo técnico, económico, ambientales, de usuarios, etc. La Figura 11, muestra el esquema de una instalación tipo de bombeo fotovoltaico directo con equipo sumergible.

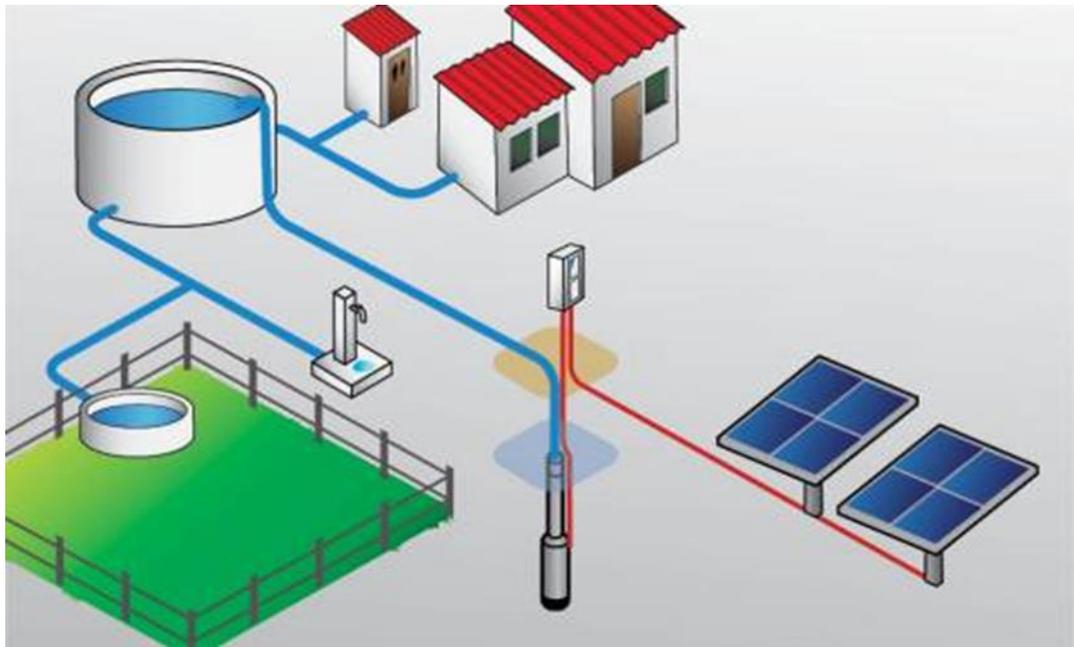


Figura 14. Esquema de un sistema de bombeo solar

Fuente: <https://www.lorenz.de/es/aplicaciones/agua-potable.html>

4.9.2 Componentes de los Sistema de Bombeo

Un sistema fotovoltaico (FV) de bombeo de agua consta, en general de un generador FV, un sistema motor/bomba, un sistema de acondicionamiento de potencia (opcional) de acoplo entre el generador FV y el motor, un sistema de acumulación (Opcional), un pozo y un sistema de tuberías, (ver figura). A pesar de que se instalan bombas de superficie y flotantes, la configuración más habitual es un sistema motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo. A continuación, se detallan los componentes:

El generador FV, está compuesto por un conjunto de módulos FV conectados en serie y/o en paralelo hasta alcanzar la potencia necesaria dentro de los márgenes de tensión y corriente de operación. Es habitual que el generador FV se instale sobre una estructura fija.

Las bombas, estas pueden ser centrífugas multi-etapas o de desplazamiento positivo. Las bombas de desplazamiento positivo presentan mayores rendimientos que las centrífugas para similares niveles de potencia nominal. Por contra tienen un elevado par de arranque por lo que, en general, necesitan dispositivos de acondicionamiento de potencia, aunque estén accionadas por motores DC.

Los motores eléctricos pueden ser AC o DC sin escobillas o motores de frecuencia variables. Es habitual que el motor y la bomba formen una única unidad compacta que se denomina motobomba o simplemente bomba. Aunque la mayor parte de las instalaciones de bombeo en aplicaciones FV se realizan con equipos sumergibles, existen también unidades flotantes o de superficie.

El sistema de acondicionamiento de potencia o **controlador de bombeo** está formado por aquellos elementos, inversores DC/AC, convertidores DC/DC o controladores de motor, que adaptan las características de la energía producida por el generador FV (DC a tensión y corriente variables) a las requeridas por el motor.

Los inversores DC/AC son necesarios cuando se utilizan motores AC. Habitualmente, suelen incorporar seguimiento del punto de máxima potencia (SPMP) del generador FV y varían la frecuencia de operación del motor con el objeto de operar niveles de potencia inferiores a la potencia nominal para disminuir el umbral de arranque y maximizar el número de horas de operación a lo largo de un día.

Los convertidores DC/DC, se utilizan como dispositivo que permite sincronizar el generador FV y el motor DC. Aunque podrían disponer de SPMP, habitualmente operan a tensiones constantes de generador FV. Su utilización es recomendable porque aumentan el rendimiento diario del sistema. En el caso de bombas de desplazamiento positivo puede incrementar en un 30% el volumen diario de agua bombeada. Este incremento es menor en el caso de motores DC accionando bombas centrífugas.

Cuando se utilizan motores DC sin escobillas es necesario usar un dispositivo electrónico para la conmutación del motor denominado controlador de motor, que también lleva incorporado un sistema de SPMP del generador FV. El controlador del motor puede estar incorporado en el motor o ser externo a él.

El sistema de acumulación suele ser un depósito de un volumen adecuado para proporcionar la autonomía necesaria, en general de 2 o 3 días para sistemas de agua potable y de hasta 10 días para sistemas de riego. Se suele evitar la utilización de baterías para acumular energía, a

no ser que sea estrictamente necesario por otras razones de diseño de una instalación en concreto.

La fuente de agua para bombear puede ser de ríos, lagos o pozos. En instalaciones de bombeo FV es más habitual la extracción de agua de pozos que, aunque pueden ser abiertos, en la mayor parte de los casos son pozos de sondeo en los que se instala una motobomba sumergible junto con las sondas de nivel u otros dispositivos de control para evitar la operación en vacío, que dañaría la bomba irreversiblemente. El descenso del nivel del agua en el pozo de bombeo, o abatimiento, puede incrementar la altura manométrica total y ha de ser cuidadosamente analizado en función del tipo de acuífero para lograr un correcto dimensionado del sistema.

Además de un correcto dimensionado del cableado de la instalación, son necesarios un conjunto de elementos y medidas adoptadas para garantizar la seguridad del propio sistema de bombeo FV y de las personas. Cabe destacar la utilización de varistores, fusibles seccionadores y una correcta puesta a tierra del sistema. Es habitual la instalación de estos elementos de seguridad en un panel tipo NEMA tipo 4X para intemperie que sirve además como centro de conexionado entre el generador FV y el acondicionamiento de potencia al motor.

4.9.3 Configuraciones Típicas de Bombeo FV

Los elementos de un sistema de bombeo FV, se han de diseñar para operar acoplados, maximizando el rendimiento global del sistema. Es posible adoptar distintas soluciones para bombear un determinado volumen de agua a una altura o carga dinámica total, en función de los rangos de potencia (producto altura por caudal) requeridos en una aplicación específica. A pesar de que se instalan bombas tipo centrifugas de superficie y flotantes, la configuración más habitual, es la instalación de una bomba tipo sumergible instalada en un pozo de sondeo.

La configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico (SBFV), se determina por la definición de los tipos de: generador FV, bomba, motor; así como el acondicionamiento de potencia. A continuación, se describen tipos de sistemas de bombeo fotovoltaicos

❖ **Sistemas de pequeña potencia (50-400 Wp)**

Utilizan principalmente un motor DC accionando una bomba centrífuga o desplazamiento positivo. Entre el generador FV y el motor se instala un convertidor/DC para mejorar su acoplo. En general son aplicaciones en el rango de los 150 m³/día.

Los componentes fundamentales de estos sistemas son:

- Generador Fotovoltaico
- Convertidor DC/DC (opcional)
- Motor DC
- Bomba
- Depósito de almacenamiento (opcional)

❖ **Sistemas de mediana potencia (400-1500 Wp)**

Compuestos básicamente por una bomba centrífuga sumergible multi etapas accionada por un motor AC de inducción y un inversor AC/DC de frecuencia variable y con SPMP.

Son sistemas caracterizados por su elevada fiabilidad y amplia utilización desde las primeras instalaciones de bombeo FV. Su ciclo hidráulico está en el rango de 150 a 1500 m³/día.

Los componentes fundamentales de estos sistemas son:

- Generador Fotovoltaico
- Convertidor DC/AC
- Motor AC
- Equipo de bombeo
- Depósito de almacenamiento que puede ser (opcional)

❖ **Con motor DC sin escobillas**

Sistemas formados por un motor DC sin escobillas operando una bomba helicoidal de desplazamiento positivo. El mayor rendimiento del motor DC sin escobillas, comparado con motores DC o AC de inducción, y el mayor rendimiento de las bombas helicoidales respecto de las centrífugas permiten obtener un sistema de mayor rendimiento global. No obstante, su introducción en el mercado es muy reciente y todavía han de demostrar su fiabilidad de operación y experimentar una disminución de costes.

❖ **Modulo controladores tipo SQ Flex**

Dispositivos de interfaces, utilizados para permitir a un sistema fotovoltaico trabajar de manera híbrida o alterna entre la energía de corriente directa y energía alterna de la red, en caso que la radiación solar no sea suficiente para el bombeo de agua, este mecanismo se aplica solo a motores de frecuencia variable del fabricante Grundfos (Grundfos, 2014).

❖ **Equipos con Convertidores de Frecuencia**

Un nuevo tipo de sistemas de bombeo FV basado en la utilización de convertidores de frecuencia (FC) estándar industriales. El número de sistemas de bombeo FV que han demostrado tanto un elevado grado de fiabilidad como buen rendimiento de operación no son muy numerosos: muchos tienen diseños especiales (como puede ser por ejemplo la utilización de motores trifásicos a 68V) y resultan caros comparados con el coste del bombeo convencional. Además, existe una limitación en cuanto a la potencia disponible (los mayores no superan los 37 kW). Los volúmenes de agua demandados, especialmente para aplicaciones de riego agrícola, son cada vez mayores lo que implica a su vez un aumento de la potencia instalada de los sistemas.

La utilización de convertidores de frecuencia de tipo industrial, alternativos a los inversores especiales usados hasta ahora en aplicaciones de bombeo FV, junto con bombas centrífugas sumergibles y motores AC de inducción ofrecen una solución viable, eficiente y económica.

El acoplo de cada uno de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico (generador, motor y bomba) puede adoptar diferentes configuraciones dependientes de la tecnología de los productos disponibles en el mercado y de las especificaciones y necesidades particulares de cada aplicación.

Las cuatro configuraciones más comúnmente instaladas son:

- Motobomba sumergible, con motor DC o AC y bomba centrífuga multi etapas.
El número de etapas, es función de la altura requerida.
- Equipo de bombeo sumergible de desplazamiento positivo.
- Motobomba flotante con motor DC y bomba centrífuga.
- Unidades motor-bomba instaladas en la superficie. Las bombas pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo.

Los sistemas de bombeo con motores AC incluyen un inversor. Las bombas centrífugas con motores DC suelen acoplarse directamente al generador FV, mientras que las bombas de desplazamiento positivo con motores DC suelen acoplarse al generador FV mediante un convertidor DC/DC.

4.9.4 Dimensionado de un Sistema de Bombeo

El dimensionado de sistemas de bombeo fotovoltaico se puede abordar mediante diferentes métodos, dependiendo su complicación, del número de variables consideradas y del grado de optimización en la obtención de los resultados. En general, existen tres pasos a seguir:

- Determinación de necesidades hidráulicas
- Análisis del recurso fotovoltaico
- Definición de los equipos necesarios

De manera general se plantean algunos aspectos que deben ser considerados para el dimensionado del sistema fotovoltaico y están basados en cálculos sobre valores medios mensuales de la energía hidráulica necesaria y de la radiación solar disponible, así como en las definiciones de rendimiento pico del subsistema motor-bomba y rendimiento energético diario. Una vez determinadas las energías medias mensuales se calcula el balance energético de cada mes para obtener el mes en el cual la demanda de agua es mayor en relación con la energía solar disponible. Este mes, corresponderá al periodo del dimensionado. Dicho dimensionado de los elementos del sistema se calcula para satisfacer la demanda en el cual el mes sea el más desfavorable o más crítico, para lo cual hay que realizar levantamiento y análisis de datos para asegurar un excedente de agua en el resto del año. Al diseñar un sistema de bombeo hay dos importantes aspectos que deben tener en cuenta:

- La selección de los componentes del sistema es crucial para proporcionar al sistema un bajo mantenimiento, larga vida útil y alta fiabilidad, lo que está relacionado con el ciclo de vida o LCC.
- La interconexión de los componentes del sistema requiere un elevado conocimiento y experiencia, y de él dependerá el rendimiento final del sistema.

Para poder continuar en el proceso se ha de suponer que se ha realizado un estudio previo del sondeo o explotación de la fuente por medio de estudio de bombeo de donde se extraerá el agua por al menos por 24 hrs continuas a diferentes regímenes de caudal. Algunas de los puntos a comprobar serán:

- Fiabilidad del sondeo: teniendo en cuenta tiempos de reposición del agua, abatimientos, épocas de lluvia, entre otros.
- Estudio de la calidad del agua

Pero es importante indicar para el dimensionado existen medios y aplicativos informáticos específicos de algunos fabricantes como el de franklin electric, grundfos y programas dedicados como el PVsyst, que sirven como herramientas para el dimensionamiento de sistemas de bombeo fotovoltaicos.

4.9.5 Determinación de Necesidades Hidráulicas

Es trascendental saber el volumen de agua diario medio mensual necesario para satisfacer la demanda de la aplicación. Las diferentes demandas pueden ser: agua para consumo humano, agua para consumo de animales domésticos y agua para riego de cultivos.

Para seleccionar el sistema adecuado hay que tener en cuenta el tipo de consumo que se va a realizar. El consumo diario depende mucho del contexto. Idealmente se puede realizar medidas y discutir con la población. En caso de que no sea posible, pueden servir para orientarse los valores mínimos de la siguiente tabla:

Consumo diario mínimo (litros/unidad)	
Habitante urbano	50
Habitante rural	30
Cabra y oveja	5
Vaca	20
Caballos, mulas y burros	20

Tabla No.2. Tasas estimadas de consumos de Agua

Fuente: (OMS, 2012)

En segundo lugar, hay que discriminar la demanda en cuanto a su uniformidad en el tiempo. Se puede distinguir:

- **Consumo continuo/Demanda diaria**, como es el caso de abastecimiento de agua para casas de campo, en las que el consumo puede ser tanto por el día como por la noche, en invierno o en verano. En este caso es necesario determinar las necesidades diarias por persona y, en su caso, por cada animal que vaya a consumir agua del sistema así

mismo se debe determinar la capacidad del depósito de almacenamiento que se requiere para el abastecimiento de agua.

Nominalmente se diseña, para máximo consumo, que corresponde a un mes de mayor consumo, día de máxima demanda y hora pico de máximo consumo, más un margen de seguridad proyectado según crecimiento poblacional estadístico. Pero se ha de comprobar, para garantizar que es el mes crítico, que el cociente entre la energía que va a demandar ese mes la bomba y la irradiación mensual en el plano del generador fotovoltaico es la mayor de todos los meses del año.

Para asegurar un suministro continuo es necesario contar con un depósito de acumulación y en muy contadas ocasiones, de un sistema de baterías para garantizar el suministro en cualquier situación.

- **Consumo estacional:** como en el caso de los sistemas de riego, en los que las necesidades de agua son aproximadamente proporcionales a la intensidad de la radiación solar, y habitualmente localizadas en el verano. No es necesario el uso de baterías.

❖ **Requerimientos hidráulicos de la bomba**

A partir de los datos del apartado anterior se obtiene el caudal diario expresado en m³/día el cual se divide entre 24 horas y se obtiene el caudal medio horario (Qm). El caudal que deberá suministrar la bomba (Qb) y se obtiene con la expresión.

$$Qb = Qm * 1.8 \quad (\text{ec-5})$$

Este caudal será lo mínimo que deberá suministrar la bomba y que se utilizará para seleccionaren las tablas del fabricante. Es un valor aproximado para las necesidades pico en cada instalación, con lo cual su valor es flexible.

❖ **Determinación de la Altura Hidráulica de Bombeo**

La altura hidráulica de bombeo es la presión efectiva que debe vencer la bomba. Para su correcta determinación es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

- **La altura total**, o Carga Total dinámica (CTD), es la suma de la altura estática, la altura dinámica y el abatimiento del pozo.
- **La altura estática o geométrica**, H_e , es la distancia geométrica desde el nivel del agua en el pozo hasta el punto más elevado a donde debe bombearse el agua.

- **La altura dinámica, H_d** es resultado de la caída de presión cuando un líquido circula por el interior de una tubería (fricción). Estas pérdidas de carga dependen de la longitud de la tubería, de su diámetro y del coeficiente de fricción, el cual depende a su vez de la rugosidad de la superficie interior del tubo y de las características de la corriente (régimen laminar o turbulento). La altura por pérdidas por fricción interna método simplificado estas pueden estimarse mediante la expresión: (Fórmula de Hazen - Williams de 1903).

❖ **Abatimiento de la fuente de agua.**

También debe considerarse y definir el **abatimiento**, el cual consiste en el descenso del nivel del agua en el espacio interior del pozo desde un nivel estacionario, en el que el caudal extraído es nulo (y no se están ningún proceso de recuperación), hasta un determinado nivel, cuando el caudal extraído es Q . Se puede obtener una relación matemática entre el abatimiento producido en un pozo, el caudal bombeado y el tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo. A esta relación se le denomina ecuación característica del pozo:

$$S_w = \frac{\ln t}{4\pi T_D} Q + K_{fr} Q + D_W Q^2 \quad (\text{ec-6})$$

En donde:

S_w : Abatimiento dentro del pozo de bombeo.

K_{fr} : Constante que representa la suma de los coeficientes de las componentes lineales constantes del abatimiento debidas a las características del acuífero no alterado, los efectos de la zona de desarenado, los efectos del empaque de grava y los efectos de las pérdidas de carga en la rejilla y la camisa.

De constante que representa la suma de los coeficientes constantes de las componentes cuadráticas (no lineales o turbulentas) del abatimiento, debidas a los mismos efectos que se han señalado para k_W .

T_D : Coeficiente de transmisividad del acuífero

t : Tiempo de la prueba de bombeo

Q : Caudal o régimen de bombeo

CAPITULO V. HIPOTESIS.

La organización de los CAPS en las comunidades rurales influye en el funcionamiento integral del sistema de agua potable que utilizan energía fotovoltaica.

- **Variable independiente:** Organización
- **Variable dependiente:** Sostenibilidad del sistema con energía solar fotovoltaica

5.1. Tabla 3. Operatización de variables e indicadores

VARIABLE	CONCEPTO	INDICADORES	FUENTE
Organización	<p>“Como organización, entidad o unidad social, en la cual las personas se integran entre sí, para alcanzar objetivos específicos”.</p> <p>En este sentido la palabra organización denota cualquier emprendimiento humano, planeado intencionalmente para lograr determinados objetivos”. Chiavenato (udep, 2001)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento • Nivel de organización y gestión (Coordinación interinstitucional) • Satisfacción de los usuarios • Pagos de tarifas en tiempo y formas • Sistema de cobranza • Controles financiero • Sostenibilidad económica y ambiental. • Inversiones: equipos y mantenimiento 	<p>Investigación documental</p> <p>Encuesta semi estructurada</p> <p>Grupo Focal (Diagrama de Venn, Preguntas directrices)</p>
Sistema de Bombeo de agua por medio de energía fotovoltaica	<p>“El bombeo de agua con energía solar fotovoltaica es una aplicación de especial interés en sistemas aislados. Esta tecnología ha demostrado a lo largo de los años ser un modo efectivo de suministro de agua potable para usuarios y comunidades rurales, así como para aplicaciones agrícolas (irrigación) y ganaderas (abrevaderos)”. Según (Ocaña, 2104)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Macro medición • Micro medición • Nivel de radiación • Caudal • Carga Dinámica Total • Potencia • Ingresos y utilidad • Número de conexiones 	<p>Observación & datos estadísticos</p> <p>(mediciones paramétricas)</p>

CAPITULO VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Ubicación del área de estudio.

El estudio se realizó en dos comunidades: La comunidad el Limón ubicada a 1.5 kilómetros al sur oeste del casco urbano del municipio de Estelí y la comunidad El Lagartillo del Municipio de Achuapa del departamento de León.

Las coordenadas de la comunidad El Limón están entre los 13°03'02.15" latitud norte y 86°21'44.80" longitud oeste, a una cota altitudinal de 840 m.s.n.m. La temperatura promedio anual es de 23 °C y acumulado de precipitación alcanza los 800 mm (Figura 15).

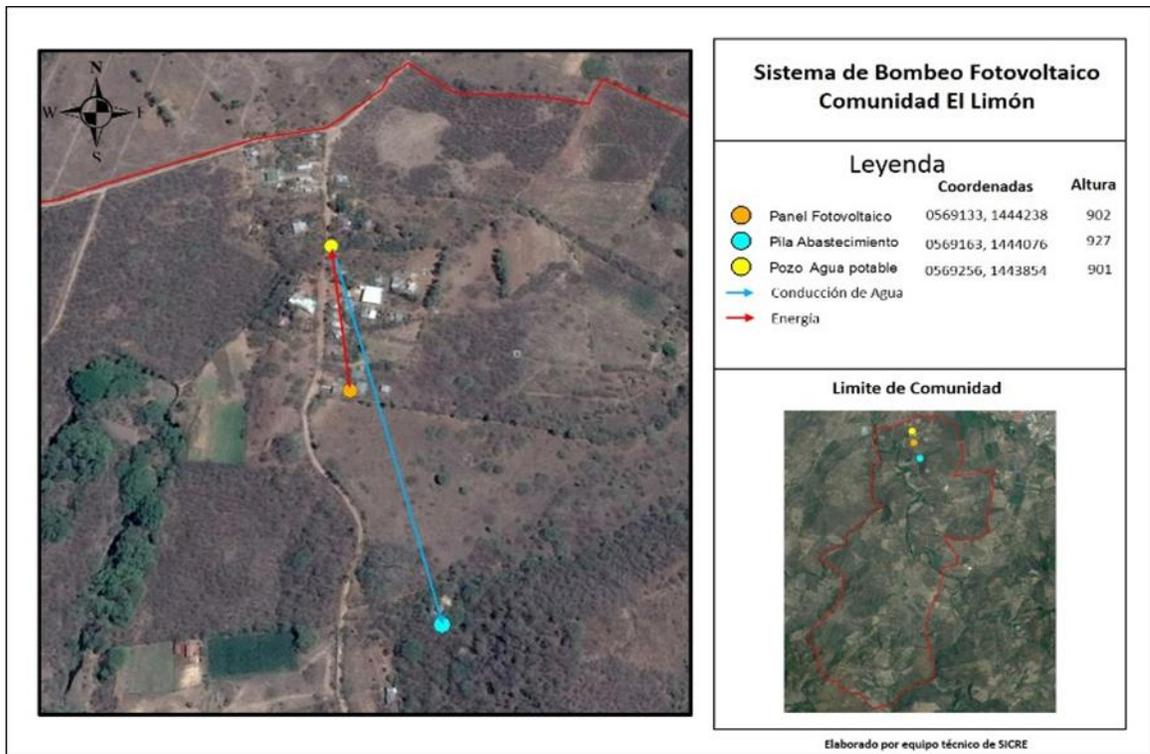


Figura 15. Ubicación de la comunidad del Limón, pila de abastecimiento, sistema fotovoltaico y pozo de agua de la comunidad.

Fuente: Elaboración equipo SICRE UNAN MANAGUA FAREM Estelí - Programa AGIC 1.0

La otra comunidad objeto de estudio fue el Lagartillo del Municipio de Achuapa del departamento de León, ubicado entre las coordenadas 13°.05'058" de latitud norte y - 86°.33'484" longitud, y una cota altitudinal de 640 m.s.n.m, el nivel de precipitaciones promedios anuales están entre los 1400 - 1800 mm (Figura 16). (Caracterización Municipal , 2001)



Figura 16. Ubicación de la comunidad el Lagartillo del municipio de Achuapa departamento de León
Fuente: <https://www.google.es/maps/place/El+Lagartillo,+Nicaragua>

6.2. Tipo de Investigación

Según su enfoque filosófico el presente estudio, es de tipo cualitativo y cuantitativo (Mixto). Se considera cualitativa por que se basó en la aplicación de instrumentos de recolección de datos tales como: grupos focales para poder conocer la percepción del nivel de organización y gestión de los CAPS, así mismo se les aplicó la encuesta a los usuarios que es un instrumento eminentemente cuantitativo, para la recolección de datos de variables de conteo y de medición.

De acuerdo al proceso es del tipo deductivo, secuencial, probatorio analiza la realidad objetiva, en cuanto al enfoque cualitativo el proceso es también inductivo y analiza múltiples realidades subjetivas que se presentan en la investigación, según (Hernández Sampieri, Fernandez , & Baptista, 2014, pág. 7) plantea que una de las características de este enfoque es que “utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación”.

El método utilizado es el observacional, el cual consiste el control nulo (no manipulación) de las variables independientes o factores (organización); sino que únicamente se efectuaron medición de las variables o parámetros de interés para este estudio.

De acuerdo al tiempo en que se realizó la investigación, se clasifica de tipo transversal por que las variables objeto de estudio se midieron en un solo periodo de tiempo y no en series sucesivas del mismo (longitudinal).

Y según su nivel de profundidad está investigación, es del tipo exploratorio: debido a que tiene por objeto esencial familiarizarnos con un tema desconocido, novedoso o escasamente estudiado; descriptivo: nos permite caracterizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes, identifica características del universo de investigación, señala formas de conducta y actitudes del universo investigado, establece comportamientos concretos, descubre y comprueba la asociación entre variables de investigación correlacional; el investigador pretende visualizar cómo se relacionan o vinculan diversos parámetros entre sí, o si por el contrario no existe relación entre ellos. Lo principal de estos estudios es saber cómo se puede comportar una variable conociendo el comportamiento de otra variable relacionada (evalúan el grado de relación entre dos variables).

Esta investigación responde a la línea de Sistemas de Generación de Energía Solar Fotovoltaica, del Centro de Investigación de Energías (CIER) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN –MANAGUA) /Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ).

6.1. Universo de Estudio

Esto corresponde al conjunto finito de las comunidades rurales de Estelí, en cuales existen los tipos de sistemas de los tipos Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), pero que tienen en común una característica bien específica y es que trabajan con fuentes de energías renovables, por lo tanto, poseen características comunes, relacionadas con el estudio en cuestión.

En el municipio de Estelí, de los veinte sitios donde se realizó la Evaluación de la Gestión Interinstitucional y de Actores Locales en la Subcuenta de Río Viejo como parte del Diplomado

en Cuenca, Agua, Saneamiento y Género con énfasis en Gerencia Institucional sobre los Recursos Hídricos -2014, se determina que en el municipio de Estelí, únicamente existen dos sistemas del tipo MABE con funcionamiento a base de energía solar fotovoltaica y corresponden a los sistemas instalados en la Comunidad El Limón y la comunidad de Sontule del municipio de Estelí.

De igual manera se constató que para el municipio de Achuapa departamento de León existen solo tres sistemas de bombeo con energía fotovoltaica ubicados en las comunidades de: El Barro, El Guanacaste, y la comunidad del El Lagartillo donde se realizó este estudio.

6.2. Muestra

A nivel del estudio de la poblacional muestra, es igual al resultado obtenido aplicando la ecuación de la población finita, la cual permite determinar el número de usuarios que de acuerdo a (Hernández Sampieri, Fernandez , & Baptista, 2014, pág. 173) sobre este “subgrupo de la población de interés se recolectaran datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además debe ser representativo de la población” a ser encuestada en cada una de las dos comunidades, donde se realiza el estudio en referencia y que utilizan bombeo de agua a través de sistema a fotovoltaicos.

Tabla No.4. Ecuación para determinar población finita

Fuente: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com>

DATOS CONSIDERADOS		
Variables	Parámetros	Datos
N	Población o Universo	56
P	Estimación proporcional de la población	0.5
Q	Diferencia de la estimación proporcional de la población (1-P)	0.5
e	Margen de Error	5%
Nc	Nivel de confianza	95%
Z	Valor del estadístico z (tabla de distribución normal) para un riesgo de $\sigma \times 100$	1.96

Fórmula para muestra con población finita
$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * P * Q}$
$n = \frac{(56) * (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}{(56 - 1)(0.05)^2 + (1.96)^2 * (0.5) * (0.5)}$
$n = \frac{53.7824}{1.0979}$
$n = 48.9$
<p>La estimación es de 49 hogares</p>

Para la definición de la muestra para este estudio se toma como base las condiciones propias de estas comunidades, se vuelve difícil encontrar a todas las personas que habitan en estos hogares y siendo que las comunidades estudiadas no son homogéneas en cuanto a cantidad de familias, el criterio utilizado fue considerar como datos válidos para el estudio un valor mayor a la media poblacional del sitio donde el número de familias es menor, en este caso es la comunidad del Lagartillo que cuenta con 33 hogares, por lo que se consideró realizar 28 encuestas para los usuarios en cada comunidad , con este valor se obtienen resultados representativos en el análisis y es posible establecer términos comparativos al aplicar los instrumentos utilizados para el análisis de la investigación en ambas comunidades.

6.2.1. Tipo de Muestreo.

El tipo de muestreo es no probabilístico e intencionado, porque no fue utilizada ninguna técnica estadística (tómola y tabla de números estadísticos) para la selección de los encuestados, de manera que la aplicación de la encuesta se realizó a las personas que accedieron de forma voluntaria a responderla.

6.3. Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos utilizadas que nos permitió recoger, validar y analizar la información necesaria para lograr los objetivos de la investigación fueron las siguientes:

- **Observación:** Esta será del tipo no estructurada a través de diario de campo aplicando formatos específicos para levantamiento de datos y trabajo de fotografía.
- **Encuesta:** Es del tipo escrita a través de cuestionario con preguntas cerradas, o abiertas, en el caso de esta investigación las preguntas son del tipo semi estructurada y permite obtener respuestas sobre el problema de estudio, dado que las personas o usuarios consultados sobre los sistemas de abastecimiento de agua en cada comunidad, responden por voluntad propia a las preguntas del investigador o encuestador. Este instrumento según (Archeater, 2005 y citado por (Hernández Sampieri, Fernandez , & Baptista, 2014, pág. 159). Este instrumento será sometido a la prueba de confiabilidad (coeficiente de alfa de cronbach en SPSS) para medir el grado de dependencia entre las variables y de esta manera comprobar si el instrumento que se utiliza, recopila

información defectuosa que nos lleve a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable.

▪ ***Grupo Focal:***

Es una de las herramientas participativas de carácter cualitativo que facilita al investigador conocer aquellos aspectos y experiencias de vida que las personas van acumulando durante algún tiempo y que de forma espontánea y con lenguaje sencillo expresan sus conocimientos y experiencias. “El grupo focal es una técnica meramente cualitativa de estudio de las opiniones o actitudes de un público utilizadas en estudios sociales y en estudios comerciales” (Slinger, 2015)

El objeto de aplicar esta herramienta, es obtener la información pertinente en forma rápida, trabajando con un grupo reducido de personas que están directamente involucrada en la problemática estudiada: Es una aplicación grupal de la técnica del diálogo semi-estructurado. (Geilfus, 1997)

6.4. Etapas de la Investigación

La investigación presenta etapas en sus diferentes fases de desarrollo que se encuentran relacionadas de forma coherente y que son ajustables según el avance de la misma investigación.

6.4.1. Etapa I. Investigación Documental

Se realizó con la consolidación efectiva de muchas fuentes de información vinculada a la temática de la investigación, se retomó diferentes fuentes de bibliografía especializada, artículos científicos, páginas web y estudios realizados por instituciones, organismos no gubernamentales y universidades. Esta fase se realizó en el transcurso de todas las etapas del proceso de la investigación y permitió la estructuración de la idea de investigación, definición desde la perspectiva teórica en la cual se sustenta; además la indagación del conocimiento y adopción de los métodos científicos necesarios para el desarrollo del proceso investigativo.

6.4.2. Etapa II. Diseño de Instrumentos

Dentro de estas técnicas mencionaremos, en primer lugar, la observación, por ser fundamental en todos los campos de la ciencia. La observación consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que queremos estudiar. El tipo de observación

aplicada en este estudio es del tipo participante para lo cual se efectúa la integración con la comunidad y el grupo de las juntas directivas de los CAPS, se toman registros y se formaliza el desarrollo del estudio encaminado a seleccionar, organizar y relacionar los datos y aspectos relevantes referentes al problema. Los medios que se utilizaron para registrar la información fueron: cuaderno de campo, diario, computadora portátil, cuadros de trabajo, gráficos y mapas. (Anexo 1).

Otra técnica que se utilizó para el levantamiento de información es la encuesta con preguntas del tipo semi estructurada. Este instrumento consiste en un cuestionario estructurado aplicado a una muestra de individuos, a quienes se les planteo las mismas preguntas para obtener respuestas sobre el problema de estudio, las personas o usuarios consultadas sobre los sistemas de abastecimiento de agua en cada comunidad, respondieron por voluntad propia a las preguntas del investigador o encuestador. La finalidad de este instrumento es que permite al investigador obtener la información sobre un mayor número de personas en un periodo bastante breve y mediante el mismo se logra cuantificar, el análisis e interpretación de los datos obtenidos. (Anexo 2).

Asimismo en el estudio se realizaron grupos focales, para lo cual se necesitó de un moderador investigador quien se encargó de iniciar el debate participativo a través de preguntas relacionadas al tema del que hacer de los CAPS para el proceso de organización, gestión y el manejo sostenible de los sistemas de agua potable en cada uno de estos sitios donde tiene incidencia esta investigación, con este instrumento se logró abrir espacios para escuchar las distintas opiniones de las personas que componen la junta directiva del CAPS en cada comunidad. (Anexo 3).

6.4.3. Etapa III. Trabajo de Campo

Una vez definidos y estructurados los instrumentos se llevó a cabo el trabajo de campo de la investigación, teniendo que coordinar con los presidentes de los CAPS en cada comunidad los permisos necesarios para poder hacer el estudio, las personas consultadas accedieron a la solicitud, de manera que el trabajo de campo consistió en la aplicación de encuestas a usuarios de los sistemas de agua potable en las comunidades, con el objeto de poder precisar el proceso de gestión y organización de los CAPS en cada una de ellas.

Es importante enfatizar, que este instrumento fue validado por una persona especialista que trabajo por muchos años en acueductos rurales y que aun trabaja en ENACAL sede Estelí, y además se realizó un pilotaje de la encuesta con los usuarios a fin obtener su validación. Estos procesos antes mencionados permitieron las mejoras significativas del instrumento para su posterior aplicación en campo.

Así mismo para cada una de las juntas directiva de los CAPS se hizo uso de las herramientas participativas, como lo es el grupo focal, donde se interactuó de manera activa- participativa en todo momento un dialogo franco y abierto. Para poder llevar acabo esta actividad y lograr obtener datos sobre línea de tiempo, organización a lo interno y externo, esto por medio del uso del diagrama de VENN. Con esta técnica se logró conocer el nivel de gestión que se ha realizado en cada uno de los CAPS donde se enfoca este estudio. (Anexo 3).

Para la evaluación paramétrica se desarrolló con la finalidad de caracterizar los parámetros de los recursos hidráulicos y solares del sistema de bombeo de agua con generación de energía fotovoltaica de manera que se pueda conocer la parte operativa de un sistema de bombeo. Para esta etapa de campo, se hizo necesario elaborar formatos de toma de datos técnicos y se trabajó de forma sincronizada en tiempos simultáneos para la toma de datos como caudal bombeo, radiación solar, potencia de generación de energía de producción, comportamiento de niveles de la fuente de agua.

El análisis de funcionamiento de los sistemas según el tipo de configuración se basa en el estudio de sistemas configurados como pozo, tanque y red de abastecimiento por gravedad, esto de manera similar para las dos comunidades del El Limón, y el Lagartillo.

En estos sitios se logró evaluar los parámetros hidráulicos y eléctricos de los sistemas de bombeo solar fotovoltaico (SBFV) instalados, así mismo se determinan los índices de radiación para el bombeo, las características eléctricas del generador eléctrico y el acoplamiento entre el generador y el conjunto bomba - motor, las pérdidas de potencia, caudal, demanda entre otros.

En este estudio, se efectuaron diferentes mediciones y ajustes a través de la utilización de protocolos y levantamiento de datos de campo que son necesarios para el análisis de los parámetros hidráulicos y eléctricos de operación de este tipo de sistemas, los resultados obtenidos sirven para realizar la comparación contra los parámetros característicos de funcionamiento del fabricante del equipo y así mismo se logró comparar los datos de campo con base de datos promedios de la Nasa para estas latitudes y longitudes estando estos dentro del mismo orden.

Para la definición de algunos conceptos y la serie de ecuaciones de cálculos que a continuación se describen fue necesario consultar los documentos referenciales entre los que se pueden mencionar: Frank White, Crane, Víctor Streter, Robert L. Mott, José Fernández Salgado, Joseph Franzini, entre otros.

Para la evaluación del SBFV, se basó en la tecnología de ingeniería concurrente, que se refiere a utilizar sistemas informáticos para mejorar el proceso de diseño, realizar cálculos específicos, con el objeto de minimizar errores y para organizar la información se utiliza las herramientas informáticas como el programa tales como: PVsyst, AutoCAD 2015, Google Sketch up, AGIC1.0, WinCAPS Grundfos y Programas de Microsoft Office.

Para la determinación de los parámetros característicos de funcionamiento del SBFV, se hicieron uso de una serie de dispositivos o instrumentos tales como:

- Datalogger o sondas piezométrica marca SOLINST, modelo 101, este dispositivo electrónico se utilizó para la medición de niveles de pozos de agua, el rango de medición de profundidad es de 20m y 500m, posee señal luminosa y aviso acústico al contacto con el agua.
- Medidores de presión análogos tipos caratulas con rango de 0-200 psi
- Medidor de caudal tipo rotámetro de área variable modelo tipo marca Arad, modelo M25 de 1 in de conexión.
- GPS marca Garmin, modelo eTREX Vista
- Cronometro digital.
- Vatímetro marca: PCE, modelo: PA6000

- Solarímetro. marca: PCE, modelo: SPM
- Multímetros digital tipo Fluke, modelo 179
- Pinza Amperimétrica tipo FLUKE-325/ESPR
- Nivel de gota
- Cinta métrica
- Recipiente plástico de 5 galones para mediciones manuales caudal
- Desatornilladores tipo estrella y ranura
- Mecate
- Flotador

❖ **Determinación de Parámetros Característicos de la Fuente de Agua.**

Profundidad Total

Para realizar las mediciones de profundidad total del pozo se tomó como base el perfil constructivo del mismo. Para la obtención de la documentación técnica se debe abordar de primera instancia con las personas involucradas en la ejecución del proyecto en la comunidad, dado que esta información es un requerimiento sustancial para poder iniciar con la evaluación del sistema en su conjunto.

Los medios y equipos que se usan en este último caso se gestionaron ante el Centro de Investigación de Energías Renovables (CIER) de la UNAN MANAGUA FAREM ESTELÍ y algunas empresas dedicadas al estudio del recurso agua.

• **Determinación del Nivel Estático del Agua (NEA)**

Con el equipo en posición de apagado se realizó la medición del nivel estático del agua, y esta se efectuó por medio del equipo datalogger con su respectiva sonda, el cual permite visualizar y registrar el valor del nivel estático del agua.

La medición realizada permitió determinar la cota de altura piezométrica desde el nivel de descarga de la tubería hasta el nivel estático del agua cuando el equipo de bombeo está fuera de funcionamiento.

Es importante destacar que este dato es importante para poder definir el nivel de recuperación que tiene la fuente cuando es sometida a distintos tipos de regímenes de explotación de bombeo.

- **Determinación del Nivel Dinámico del Agua (NDA)**

La determinación de este parámetro, se efectuó de igual manera utilizando el datalogger sonda de nivel de agua modelo CM235500, la cual permite visualizar y registrar el valor del Nivel Dinámico del agua en el pozo.

La utilización de este tipo de sonda electrónica permite medir la cota de altura piezométrica del agua en el pozo con respecto al nivel de descarga de la tubería en la superficie del mismo, pero con el equipo funcionando a distintos regímenes de caudal y tiempo, para efectuar esta prueba es necesario construir una línea de descarga libre del sistema dado que según levantamiento al sistema se verifica que este tipo de mecanismo de maniobra no existe en la red o línea de descarga.

Lo anteriormente descrito sirve para conocer el comportamiento de recuperación o abatimiento de la fuente de agua, el resultado representa un insumo importante para realizar el análisis y determinación de curvas características de funcionamiento y punto óptimo de bombeo del sistema y así mismo se puede comparar los resultados obtenidos con las curvas características del fabricante.

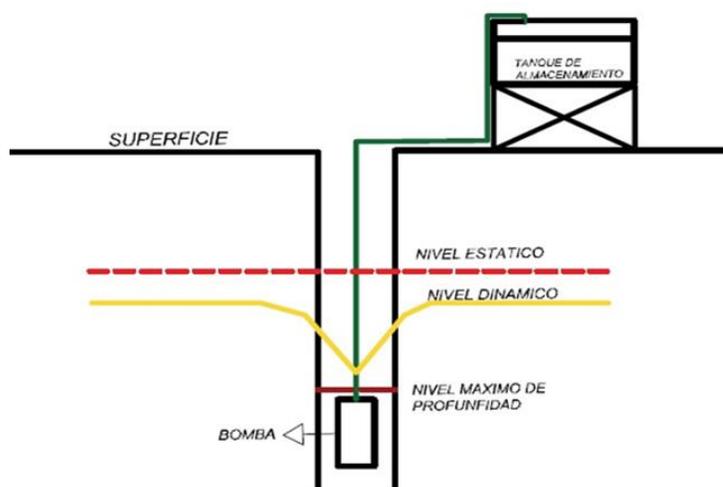


Figura. 17. Representación gráfica en un perfil de pozo - Niveles Estático y Dinámico del Agua

Fuente: Elaboración propia – AUTO CAD 2015

- **Definición de ecuaciones para cálculos hidráulicos**

A continuación, se detallan una serie de ecuaciones que permiten desarrollar cálculos hidráulicos necesarios en sistemas de bombeo.

Tomando como referencia la comunidad el Limón que cuenta con un sistema de macro medición funcional se determinó la producción de agua del equipo, se tomaron los datos del macro medidor de flujo del tipo rotámetro marca Arad y modelo M25, instalado en la tubería de descarga, este dispositivo mide los m^3 de agua que se suministran a la red, Para la medición de caudal de suministro en la comunidad el Lagartillo no se logró tomar datos del macro medidor marca Bar Meter y modelo MT-KD-P dado que funcionaba de manera incorrecta, la medición de este parámetro se realiza con la bomba en pleno funcionamiento y debe estimarse por un periodo que permita estimar de manera precisa el caudal de explotación de la fuente en m^3/hr , el dato recopilado sirve para evaluar posteriormente el punto de operación vs punto óptimo de funcionamiento del sistema en curva característica de la bomba según el fabricante específico.

La determinación de la demanda, está directamente relacionada con la dotación de agua per cápita estimada entre 30-50 l/día por persona más el consumo de animales pastoriles de la comunidad según tabla No.1, para la determinación cuantitativa de la demanda se hace necesario realizar un censo para determinar número real de habitantes de la comunidad y aquellos a los cuales se les brinda o están bajo cobertura del servicio de abastecimiento de agua (Ver documento de encuesta).

Como requisito para realizar el dimensionamiento del sistema de bombeo de agua, es indispensable entender los conceptos básicos que describen las condiciones hidráulicas de un proyecto de bombeo. El tamaño del sistema tiene una relación directamente proporcional con el producto del **volumen de agua** diario necesario y la **Carga Dinámica Total (CDT)**, el resultado de esta expresión se denomina como **Energía Hidráulica (EH)** o **Ciclo hidráulico (CH)**.

Por lo que físicamente la energía hidráulica o ciclo hidráulico no es más que elevar un litro de agua a un metro de altura y sus unidades son (l-m), para el caso de trabajar con unidades de volumen en m³ y la altura en m, la EH o CH se denota en unidades (m⁴). La ecuación que define dicha proporcionalidad es:

$$EH = CH = VxH \text{ en unidades de (l-m) o bien (m}^4\text{)} \quad (\text{ec-5})$$

Donde H= CDT (Carga Dinámica Total del sistema)

V: Volumen diario de agua requerido o demanda

La energía hidráulica está representada por la expresión siguiente en unidades de kWh:

$$EH = VxCDT/367 \quad (\text{ec-6})$$

La ecuación anterior tiene una importancia práctica en el análisis de cálculo para sistemas de bombeo ya que establece una relación entre el concepto de ciclo hidráulico con conceptos de energía y potencia, brindando una buena indicación del tamaño y costo del sistema, permitiendo estimar valores de energía requerida a partir de valores conocidos como lo son el volumen de agua requerido y la altura de bombeo.

La expresión **V*CDT**, se le denomina también como ciclo hidráulico, la experiencia muestra que un proyecto de bombeo solar es económicamente viable cuando el ciclo hidráulico no sobrepasa los 1,500 m⁴, por lo que los sistemas de bombeo de agua con sistemas de combustión interna o eólicos son más competitivos cuando se tiene un ciclo Hidráulico mayor o igual a 1,500 m⁴/día. Estos datos pueden variar considerablemente en función del coste de los equipos y la calidad del recurso (eólico o fotovoltaico) del emplazamiento.

- Bombeo FV competitivo entre 200 y 1500 m⁴/día. Sistema típico: 30 m³/día a 20 m.
- Bombeo FV mejor opción que Diésel en sistemas inferiores a 2000 m⁴/día. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAIE, 2009)

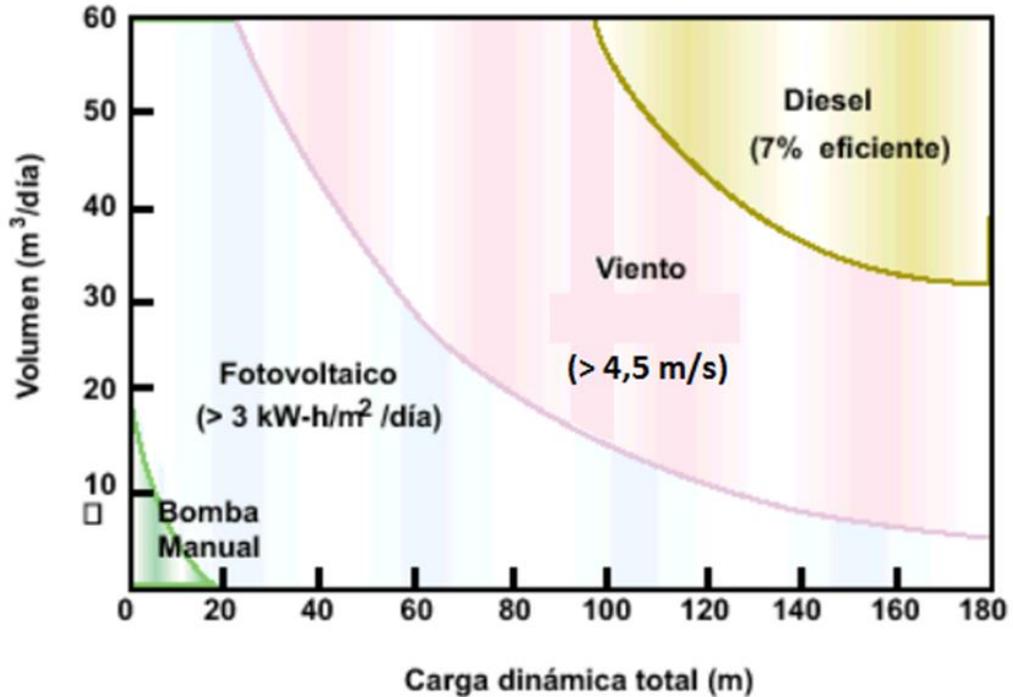


Figura 18. Selección de tecnologías de bombeo de acuerdo a ciclo hidráulico

Fuente: (Sandia National Laboratories (SNL), 2001)

La determinación cuantitativa de la carga dinámica total (CDT) del sistema es el resultado de la sumatoria de la **carga estática (CE)** y la **carga dinámica (CD)**:

Por lo que:

$$CDT = CE + CD = [Nivel\ estatico + altura\ de\ la\ descarga] + [abatimiento + friccion] \quad (ec-7)$$

Para determinar CDT del sistema de bombeo de agua implementado de la comunidad del El Limón se procedió a compilar toda la información técnica desde la fuente de agua hasta el punto superior de descarga de la línea de conducción en la pila de abastecimiento, en caso de no existir dicha información, se debe hacer levantamiento topográfico haciendo uso de GPS marca Garmin, modelo eTREX Vista, este dispositivo permite determinar el nivel de la altura de bombeo dato de importancia significativa a tomar en cuenta para calcular la carga total dinámica.

La ecuación (ec-14) define claramente que para calcular la CDT es necesario determinar algunos parámetros hidráulicos tales como:

Carga Estática, Abatimiento de la fuente, Carga Dinámica y las pérdidas de carga debida a la fricción.

Carga Estática Total: Esta se puede obtenerse con mediciones directas, se trata de la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel del espejo del agua antes del abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua.

$$\text{Carga Estática Total (CE)} = [\text{Nivel estatico} + \text{altura de la descarga}] \quad (\text{ec-8})$$

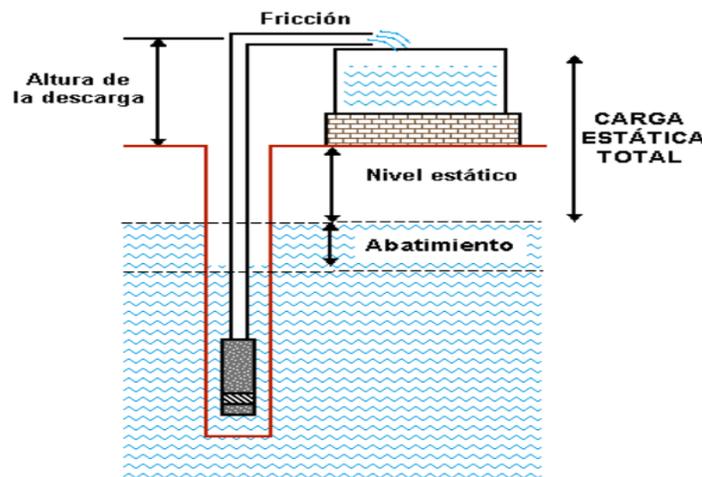


Figura 19. Principales componentes hidráulicos que conforman un sistema de Bombeo.

Fuente: (Sandia National Laboratories (SNL), 2001)

Carga Dinámica: Es aquella en la que se considera el nivel de abatimiento presentado en la fuente con el equipo en marcha y el incremento en la presión causado por la resistencia al flujo de agua debido a la rugosidad de las tuberías y todos los componentes o accesorios tales como codos y válvulas, reductores uniones etc. Es evidentemente que la rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los tubos de acero producen una fricción diferente a la de los PVC de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción. Mientras más estrechos, mayor resistencia producida. Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como

el material de la línea de conducción y su diámetro. Con esta información se puede estimar la carga dinámica de varias maneras:

$$\text{Carga Dinámica Total (CD)} = [\text{abatimiento} + \text{fricción}] \quad (\text{ec-9})$$

❖ **Determinación de parámetros hidráulicos característicos de la fuente de agua**

- Profundidad total
- Carga o Nivel Estático del Agua (NEA)
- Carga o Nivel Dinámico del Agua (NDA)
- Caracterización de los parámetros hidráulicos
- Carga Dinámica Total (CD) = [abatimiento + fricción]

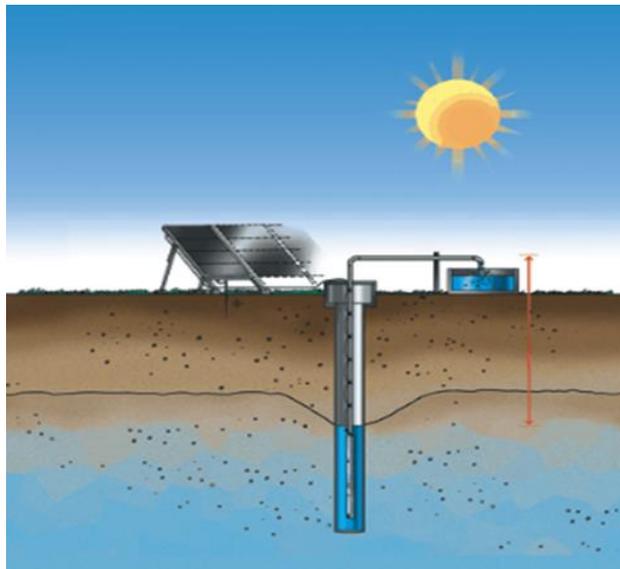


Figura 20. Detalle de un sistema de Bombeo Fotovoltaico.

Fuente: (Grundfos, 2014)

- **Fricción en accesorios y línea de conducción:** Existen tablas publicadas por fabricantes como es el caso del libro de Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías de CRANE que indican el porcentaje de pérdidas por fricción que debe considerarse en base al caudal, diámetro, tipo de material para tuberías y coeficientes de rugosidad, la pérdida de carga en válvulas y accesorios se da generalmente en función del coeficiente de resistencia K que indica la pérdida de altura de presión estática, en función de la “altura de velocidad” o en longitud equivalente, en diámetros de tubería L/D, que cause la misma pérdida de presión en los accesorios.

Por lo que **hf**, representa las pérdidas de presión debida a los accesorios instalados en la línea, a la longitud de tuberías y al factor de fricción.

De la fórmula de Darcy, la pérdida de presión por fricción una tubería está dada por:

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad (\text{ec-10})$$

hf: Pérdida totales por fricción en el sistema

- hf: medidos en m de la columna de agua, donde f: factor de fricción, L: Longitud de Tubería y D: diámetro interno de tubería

❖ **Pérdidas por accesorios**

$$H(\text{accesorios}) = \Sigma K * \frac{V_2}{2g} \quad (\text{ec-11})$$

- Donde K: pérdidas por accesorios (codos, te, válvulas, tipos de entradas y salidas, reductores, conectores uniones, etc.)

La ecuación fundamental relacionada para la determinación de parámetros hidráulicos de un sistema de bombeo es la aplicación de la ecuación de la conservación de la energía Daniel Bernoulli.

Con esta ecuación se determina la carga total dinámica (CTD) o altura H_B que vence la bomba entre dos puntos de referencia que están a distinto nivel energético, por lo que de acuerdo con (L.Mott, 2006) la ecuación se denota como:

Ecuación de conservación de la energía - Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_1 \quad (\text{ec-12})$$

Dónde:

H_B : Altura de la bomba o Carga Total Dinámica (CTD)

P/γ : Energía de presión entre los puntos 1 y 2

$(V_1^2)/2g$: Energía cinética del fluido

Z_1 y Z_2 : Energía potencial - niveles referenciales de altura de bombeo

g: Valor de la gravedad (9.81m/s²)

h_1 : Corresponde a todas las pérdidas por fricción y accesorios del sistema y se determina por:

$$h_1 = \left(f * \frac{L}{D} + \Sigma K \right) * \frac{v^2}{2g} \quad (\text{ec-13})$$

- **Fenómeno del Abatimiento:** Corresponde al comportamiento o nivel que baja el agua cuando es sometida a distintos regímenes de bombeo o extracción.

$$h_1 = h_{(l-a)} + h_f \quad (\text{ec-14})$$

Existe un método matemático denominado fórmula de Manning, está permite realizar cálculos prácticos utilizando una calculadora de bolsillo. La fórmula de Manning se expresa:

$$h_f = K * L * Q^2 \quad (\text{ec-15})$$

Donde:

h_f: Incremento en la presión causada por la fricción y expresada en distancia lineal (m).

K: Es una constante empírica con unidades de (m³/s)⁻²

L: Es la distancia total recorrida por el agua por las tuberías (m).

Q: Es el flujo expresado en metros cúbicos por segundo (m³/s).

La constante K, se obtuvo después de experimentar con varios materiales y tamaños de tuberías de ahí que se denomine “empírica”. La Tabla 3, proporciona estos valores de K en (m³/s)⁻², para tuberías de plástico PVC y acero galvanizado.

MATERIAL	DIAMETRO DE LA TUBERIA(PVC)				
	0.5	0.75	1	1.5	2
PVC	9,544,491	1,216,034	291,815	31,282	7,236
Hierro Galvanizado	19909,642	2,631,046	608,849	65,263	15,097

Tabla No.5. Valores de la constante k usado en la fórmula de Manning

Fuente: (Sandia National Laboratories (SNL), 2001)

Así mismo, existe otra expresión de cálculo comúnmente usada y se denomina fórmula de Hazen - William esta sirve para determinar o comprobar que el diámetro de la tubería es el adecuado o permisible, la ecuación es la siguiente:

$$D = \left[\frac{(10.5494 * L * Q^{1.85})}{(C^{1.85} * H)} \right]^{0.2053} \quad (\text{ec-16})$$

Donde H: altura en m, Q: glns/min y C: constante según tipo de tubería para el PVC se recomienda C=150

Valor por Omisión La carga dinámica es aproximadamente el 2% de la distancia de recorrido del agua o lo que es equivalente a la longitud total L de la tubería. Por lo general el resultado es una estimación conservadora si se asume que los sistemas de bombeo solar típicos tienen flujos de menos de 1 l/s y las bombas recomendadas se conectan a tuberías de diámetro amplio.

En el proceso de bombeo de agua al sistema, se hace necesario conocer la magnitud de la energía de la bomba que se requiere para su operación es decir la potencia la cual según (Franzini & Finnemore, 1999) se denota como:

$$Potencia = \frac{Energía}{Tiempo} = h * \gamma * Q \quad (ec-17)$$

h: Energía por unidad de peso (m)

Q: Caudal m³/s

Y: Peso específico del agua se puede estimar 9,810 N/m³

❖ **Definición de ecuaciones para cálculos del recurso solar de un sistema de bombeo.**

(Fernandez J. , 2010, pág. 335) describe la siguiente expresión que permite determinar la energía eléctrica consumida por el equipo de bombeo.

$$E_{MB} = E_H / \eta_{MB} \quad (ec-18)$$

E_H: Energía hidráulica

η_{MB}: Eficiencia del conjunto bomba motor (Por defecto puede usar como un rendimiento típico un valor del 40%)

$$Wh/día = \rho g * Q_d * CDT / 3600 * \eta_{MB} \quad (ec-19)$$

Donde:

Q_d: Volumen diario que se va bombear (m³/día)

CDT: Carga dinámica total - Altura de bombeo en (m)

ρ : Densidad del agua (1000kg/m^3)

g : valor constante de la gravedad (9.81m/s^2)

η_{MB} : rendimiento medio diario tiene el valor estimado, obtenido a partir de la experiencia y que depende del tipo instalación; en la tabla se indica η_{MB} para 3 casos.

Tipos	Valor medio (%)	Mejor valor (%)
Superficial con motor CC y Bomba centrífuga	35	40
Superficial con motor CC y Bomba centrífuga multi etapa.	38	50
Motor Ac o CC sumergible con Bomba Centrífuga	42	52

Tabla 6 Tipo de Bombas y su eficiencia

Fuente: (Sandia National Laboratories (SNL), 2001)

Para definición del análisis hidráulico completo del sistema de bombeo de agua como se descrito anteriormente, se deben realizar una serie de cálculos a través de la aplicación de ecuaciones de conservación de masa y la energía, así como el análisis específico de la red de distribución en su conjunto para conocer si existen fugas en la tubería o en las distintas interconexiones realizadas, esto se efectúa haciendo pruebas hidrostáticas por 24 horas en los ramales de abastecimiento domiciliar, los equipos y materiales utilizados para este tipo de prueba son pegamento PVC, válvulas de compuerta según diámetros específicos de la red, manómetros de presión y bomba de pistón para llenar la sección hidráulica en estudio.

❖ **Determinación de parámetros de la fuente de generación fotovoltaica (Recurso Solar)**

Como continuación del proceso de evaluación, se definen los aspectos relevantes sobre los parámetros relacionados con la fuente de generación fotovoltaica los cual conlleva a estudiar el recurso solar en su conjunto tomando en consideración la definición de la radiación Solar, Irradiación β en (W/m^2), Irradiación G en (Wh/m^2) esto permitió determinar cuantitativamente la potencias mínima y pico del generador, en ambos magnitudes se consideran la energía de la

bomba (E_{MB}) o lo que se define comúnmente como Brake Horsepower en sus siglas en inglés (BHP).

- **Determinación de la Irradiación diaria media G_{dm} (α , β) sobre un panel fotovoltaico**

La irradiación media G_{dm} es la energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en Wh/m^2

Valor óptimo:



Figura 21. Ángulos de inclinación β y azimut α

Fuente: (Fernandez J. , 2010, pág. 347)

En donde:

β : Ángulo de inclinación. Ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.

Con el objeto de obtener el mejor aprovechamiento del recurso solar se debe orientar el generador de forma que la energía captada sea máxima para que el sistema funcione bajo mejores condiciones.

α : Angulo Azimut. Angulo definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Los valores típicos son 0° para los módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste. (Fernandez J. , 2010, pág. 347)

Esto se logra analizando los diferentes ángulos de orientación e inclinación óptima ($\alpha = 0^\circ$ o 180° , β opt) del arreglo fotovoltaico instalado). Normalmente en el periodo de diseño se debe considerar que el criterio de “mes peor” corresponde con el de menor radiación.

Para tal efecto haremos uso de métodos del peor mes en la temporada de invierno considerando el valor de β_{opt} que nos resulte del análisis de los datos a compilar.

<i>Período de diseño</i>	β_{opt}
Diciembre	$\phi + 10$
Julio	$\phi - 20$
Anual	$\phi - 10$

ϕ = Latitud del lugar en grados

Tabla 7. Valores de β óptimo, *Inclinación optima en España*

Fuente: (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE, 2009)

Según (E. Lorenzo IES) el β_{opt} valor de captura energética máxima anual:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \textit{latitud} \quad (\text{ec-20})$$

Variaciones:

- Por ahorro estructura y coste de la instalación: 10°
- Por limitar cargas estructurales debidas a condiciones atmosféricas (Viento): 15°

Por lo que también otra manera práctica se puede estimar el ángulo de inclinación usando la ecuación:

$$\beta_{opt} = \phi + 10 \quad (\text{ec-21})$$

El cálculo del ángulo óptimo para el mes crítico puede realizarse por medio de software específico, como el programa PVSyst, o se puede acudir a bases de datos como la accesible desde la web de la NASA <https://eosweb.larc.nasa.gov/>

El valor de la irradiación media sobre un generador fotovoltaico inclinado un ángulo β y orientado un ángulo α es:

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) * FI * FS * K \quad (\text{ec-22})$$

Dónde:

$G_{dm}(0)$, irradiación media sobre la horizontal (Wh/m²):

Se suele obtener a partir de alguna de las siguientes fuentes:

- NASA: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s1#s1>
- Instituto Nacional de Meteorología
- Organismo autonómico oficial.

- **Factor de irradiación (FI).** Porcentaje de radiación incidente para un generador de orientación e inclinación (α, β) respecto a la correspondiente para una orientación e inclinación óptimas.
- **Factor de sombreado (FS).** Porcentaje de radiación incidente sobre el generador respecto al caso de ausencia total de sombras. Las pérdidas por sombreado vienen dadas por (1 - FS).

El factor de transposición K es el factor que relaciona el valor óptimo de irradiación respecto al de la horizontal:

$$K = G_{dm}(0^\circ, \beta_{opt}) / G_{dm}(0) \text{ según (Fernandez J. , 2010, pág. 333)}$$

Período de diseño	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	1,7
Julio	1
Anual	1,15

Tabla 8. Valores de Factor K para España

Fuente: (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE, 2009)

El factor de transposición para todas las latitudes puede obtenerse de forma tabulada

[<http://www.cleanenergysolar.com/>]

Según (Fernandez J. , 2010, pág. 333) la determinación del factor de irradiación (FI) para la orientación elegida es:

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ \text{ (ec-23)}$$

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2] \text{ para } \beta \leq 15^\circ \text{ (ec-24)}$$

Nota: α y β se expresan en grados.

En lo que se refiere a la irradiación sobre el generador deben presentarse los siguientes datos:

- **G_{dm} (0):** Obtenida a partir de algunas de las siguientes fuentes: Instituto Nacional de Meteorología u Organismo Autónomo Oficial.

G_{dm} (α - β): Calculado a partir de la expresión de la ecuación No. 16

❖ **Determinación de la Potencia Pico (P_p) suministrada por el generador fotovoltaico.**

$$P_p = A * B_{CEM} * \eta_{CEM} \quad (\text{ec-25})$$

En donde $A = E_{MB} / ((\alpha,) * \eta f v) \quad (\text{ec-26})$

A: área de paneles requerida

B_{CEM}: Irradiación en condiciones estándar de medida (1000w/m²)

η_{CEM}: Rendimiento en condiciones estándar de medida (25 °C y 1000 W/m²)

ηfv: Rendimiento medio diario del generador en las condiciones reales de operación.

E_{MB}: Energía Hidráulica de la Bomba

Por lo que la evaluación de la potencia pico debe realizarse utilizando la siguiente formula.

$$P_{pw} = \rho g d H_{TE} * \frac{B_{CEM}}{3600 * G_{dm}(\alpha,) * (1 - \delta T_m - 25)} * \eta_{MB} \quad (\text{ec-27})$$

F_m: Factor de acoplo medio: cociente entre la energía eléctrica generada y la que se generaría si se trabajase en el PMP. F_m=0,95 en sistemas con seguidor.

δ: Es el coeficiente de variación de la potencia con la temperatura de las células; vale entre 0,004 y 0,005 1/°C para Si monocristalino.

T_m: Temperatura media diaria de los módulos

η_{MB}: Rendimiento medio diario tiene el valor estimado, obtenido a partir de la experiencia y que depende del tipo instalación; por defecto se puede estimar un valor de 0.4 según (Fernandez J. , 2010, pág. 335)

6.4.3.1. Etapa III. Ordenamiento de la Información

Esta fase es simultánea a la anterior y consistió en el proceso de almacenamiento de la información en la base de datos de las encuestas que se ingresaron al aplicativo informático SPSS versión 22.0, esta información luego se exporta al programa excel, para elaborar los cuadros y gráficos que representan los resultados de la aplicación del instrumento, por otro

lado los grupos focales realizados se grabaron y luego se y transcriben a este documento, algunas las consideraciones emitidas por los comunitarios son narraciones inéditas.

Los análisis estadísticos realizados corresponden a tablas de frecuencia, tabla de contingencias y correlación de Pearson.

6.4.3.2. Etapa III. Validez y Confiabilidad

Se estableció la validez de los instrumento por medio consultas y revisiones de dos expertos en el tema de estudio con un nivel de experiencia amplio de muchos años de trabajo en sistemas de agua potable primer experto que trabajo en acueductos rurales para el COSUDE y la segunda persona trabaja aun en la coordinación de los CAPS desde la unidad de las UMAS de la municipalidad de Estelí, el primero hizo sus aportes a la encuesta instrumento aplicado a los usuarios y la otra persona experta realizo sus consideraciones para la guía de grupo focal.

La encuesta semiestructurada fue sometida a la prueba de Alfa de Cronbrach para validar su fiabilidad, en el siguiente cuadro se describe el resultado obtenido de un 75.3% de fiabilidad, valor que está dentro del rango estipulado para un instrumento diseñado para grado de maestría.

Estadísticos de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.753	9

Tabla. No.9 Prueba de fiabilidad de la encuesta

Fuente: Elaboración Propia- SPSS

CAPITULO VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

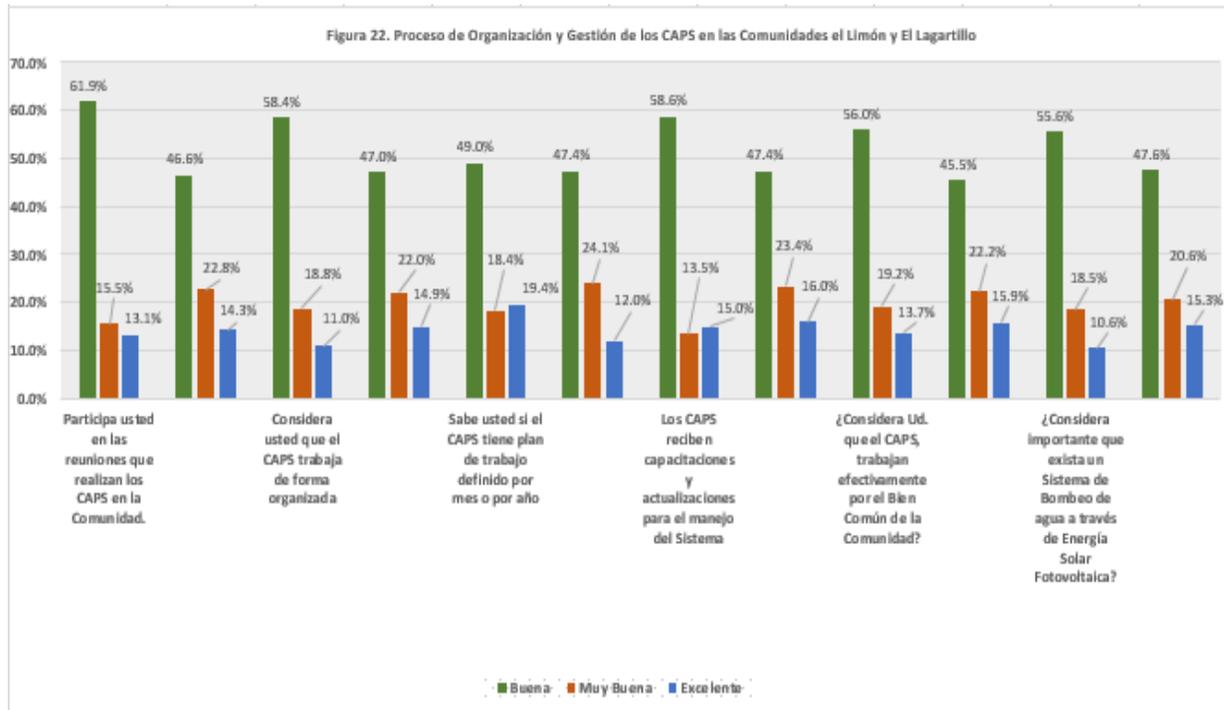
En este apartado, se describe los resultados del trabajo investigativo que refleja el quehacer de los CAPS en cada una comunidad, se plantean los aspectos relacionados a los objetivos planteados en la investigación.

7.1. Proceso organizativo de los CAPS y su relación con otras entidades vinculadas con el manejo del recurso agua.

En base a los aspectos organizativos y de gestión que se han venido desarrollando en cada sitio sin importar que precaria pueda parecer la situación de una comunidad en cuanto al manejo del agua, casi siempre le antecede al bombeo de agua fotovoltaico otro tipo de sistema de bombeo del tipo manual, esto como una forma de organización de la comunidad que nace con la conformación de los comités de agua potable; para el caso específico de este estudio se hace referencia a los pobladores de las comunidades del El Limón del Municipio de Estelí y la comunidad del Lagartillo de Achuapa municipio de León, comunidades donde tiene incidencia esta investigación.

Según las encuestas realizadas y tomando en consideración los criterios de opinión positiva de los usuarios de las comunidad del El Limón y El Lagartillo en referencia a las preguntas relacionadas con la organización, planeación y gestión efectiva de cada uno los CAPS, en el grafico se ilustra que el nivel de organización para la comunidad del El Limón el valor que se alcanza es del 88.2% y para la comunidad de El Lagartillo es del 83.9 %, en cuanto al nivel de planeación en cada uno de los CAPS el 86.8 % en los encuestados en la comunidad del Limón opinan que se trabaja bajo un plan de gestión definido y así mismo en la comunidad del Lagartillo este valor esta por el orden del 83.5% , en respuesta a una pregunta si su CAPS trabaja efectivamente por el bien de la comunidad los valores de opinión fueron de 88.9 % para el Limón y del 84.1% respectivamente, lo que efecto evidencia que los comunitarios tiene un alto nivel de percepción del quehacer de su CAPS en beneficio de sus comunidades y por lo tanto son totalmente consciente de que este factor es determinante, para la búsqueda de soluciones a problemas relacionados a la sostenibilidad del agua tanto en el entorno interno y como gestión a nivel externo con otras entidades relacionadas.

El siguiente gráfico, se ilustra el nivel de organización y gestión que se realiza en las dos comunidades donde se desarrolló la investigación.



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
 Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

A continuación se detalla la línea de tiempo desarrollada en cuanto al proceso de organización de las comunidades que conlleva hasta su constitución y legalización como CAPS, todo entorno al manejo del agua como un recurso vital de subsistencia. Se inicia definiendo lo acontecido en la comunidad del El Limón del municipio de Estelí, donde se entrelazan en una serie de esfuerzos conjuntos realizados en la búsqueda de apoyo externo.

En periodo de 1980 al 1985 existían en la comunidad solamente 10 hogares y había alrededor de cinco pozos perforados a mano, pero los comunitarios manifiestan que en época de verano estos pozos se secaban, e inclusive llegan a mencionar que hubo años en que el mismo río se secó y esto trajo consigo problemas serios en la comunidad. Para este periodo el comité de agua de esta comunidad ya venía realizando gestiones ante la oficina local de la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE), para que se les construyera un pozo perforado, al respecto se logró una repuesta positiva y es de esta manera que en el año 2005 ya logran

constar un pozo de abastecimiento de agua, e instalan su primera bomba manual del tipo mecate.

Con este pozo se abastecen las personas de la comunidad que habitan en la parte baja y para las personas que habitan en la parte de arriba de la comunidad, también se les perforo otro pozo en la casa de la familia Urrutia, de forma que el proceso de gestión obtuvo un doble éxito, ya que en la actualidad cuentan con dos pozos perforados.

Para el año 2006 y 2007 el comité de agua, continúa realizando gestiones y lograron durante este periodo un financiamiento de parte de la Sra. Hannah Curteis de Escocia, quien consigue ayuda de sus familiares y un grupo de amigos y el apoyo del club Rotario de Toronto, familia y amigos de Benjamín Rushwanld y la ONGs sin fines de lucro Waterway de los EEUU, este grupo de cooperantes aportaron un monto total de 31000 dólares más la contraparte de la comunidad que fue de 1,900 dólares.

Como una primera alternativa, se evaluó la posibilidad de llevar la línea de acometida de alimentación eléctrica hasta la comunidad, pero dicha acometida, era demasiada cuantiosa y es por tal razón que la comunidad decide instalar un sistema de bombeo que funcione con energías renovables, esto fue para el año 2007. Entonces el proyecto de agua potable se inició, con los aportes de mano de obra de los comunitarios, más un grupo de extranjeros que se suman al trabajo del proyecto, aportando conocimiento y mano de obra hasta finiquitar la obra.

Este proyecto es totalmente novedoso dado que hace uso de la energía solar fotovoltaica, además fue dimensionado con un arreglo de 12 paneles, pero les robaron uno, por lo que solo se cuentan con 11 paneles solares que componen el sistema de generación de energía para alimentar el equipo sumergible instalado en el pozo.

Una experiencia no grata fue que en el año 2011 se les quemó el motor de la bomba debido a una descarga estática atmosférica, esto les generó un problema que duró casi 6 meses y en este periodo tuvieron que volver a reinstalar la bomba de mecate. Para los usuarios el volver a realizar esta actividad les hizo recordar aquellos años cuando tenían que llevar agua en bidones, para sus hogares. En la una solución al problema la comisión de agua dirigida por el

líder comunitario Ismael Blandón contacta al profesor Erick Klaus Jurgen Kullke, quien les instala un nuevo equipo de bombeo marca Grundfos, modelo 11SQF-2 de 1.4W, con rangos de voltajes: (90 - 240 Volt en (Ac) y (30 - 300 Volt en (Dc), el modelo del motor es MSF3, que trabaja con un sistema de frecuencia variable integrado, este equipo fue instalado y quedo en perfecto estado de funcionamiento y desde ese momento el profesor se ha convertido para ellos un aliado estratégico de esta comunidad.

Con fin de legalizarse, el comité de agua comunitario logra contactar con la Lic. Elvira Lanuza, quien es coordinadora de las (UMAS) por parte de la alcaldía municipal de Estelí, en esta oficina se les facilito la asesoría, para que pudieran iniciar el proceso de legalización de manera que para el año 2012 se constituyeron como un CAPS a través de la Ley 722-Ley Especial de los Comités de Agua y Saneamiento. Este proceso según indican les ha ayudado para la obtención de algunos beneficios importantes que se estipulan en el marco de esta ley.

Lo anteriormente descrito planeta parte de las experiencias vividas por la comunidad, por lo que para conocer como está hoy en día el nivel de organización y gestión del CAPS se desarrolló, una de las herramientas participativas denominada diagrama de VEEN que permite conocer cuáles son las organizaciones o entidades que trabajan a lo interno y externo de la comunidad de El Limón.

A continuación, se describen los resultados y análisis de esta actividad realizada

Las organizaciones que ellos consideran que funcionan dentro del entorno de la comunidad fueron el CAPS y el gabinete de Comunidad Familia y Vida (GCFV), así mismo en orden de menos relevancia, se encuentran los productores locales, brigadas de limpieza comunitaria, brigadista de salud. Para el entorno exterior en orden de importancia consideraron que sus aliados estratégicos eran Ingenieros sin frontera, la FAREM, la empresa Altertec, Fundación Superemos, Cooperantes voluntarios y en un orden de menor incidencia con la comunidad están: Alcaldía municipal, la Policía, Enacal y Unión Fenosa.

En la figura que se muestra a continuación, se presenta el resultado obtenido al realizar la actividad del diagrama de VEEN, este diagrama muestra las relaciones y grado de cohesión

- **¿Porque es importante que las mujeres participen en las juntas directivas?**
R. Manifiestan que debe permitir igualdad de género, dado que la mujer puede perfectamente realizar un buen trabajo dentro de la junta de directiva.
- **¿Ustedes llevan algún control de los registros de la calidad del agua que se sirve a la comunidad?**
R. Están a la espera que Enacal les envié los resultados de los análisis realizados.
- **¿Existe experiencia de intercambio de conocimiento con otras comunidades?**
R. Si para aprender y compartir el presidente del comité ha visitado algunos mini acueductos por bombeo eléctrico fotovoltaico para intercambiar con ellos algunas experiencias.
- **¿Cómo se involucra la comunidad a las actividades que ustedes orientan para el mejoramiento de algunas situaciones en el sistema de agua potable?**
R. Siempre están dispuestos y atentos a apoyarles
- **¿Han tenido conflictos con la comunidad?**
R. Si cuando no logramos satisfacer sus demandas, ellos nos exigen repuesta.
- **¿Cómo han logrado resolver estos conflictos?**
R. Realizamos reuniones y le buscamos una solución al problema y recolectamos fondos para gastos necesarios.

❖ **CAPS Comunidad el Lagartillo Municipio de Achuapa departamento de León**

De igual manera como se ha descrito para la comunidad de El Limón, a continuación, se describe la línea de tiempo organizativa y de gestión, así como el diagrama de VEEN y las preguntas directrices para la comunidad del Lagartillo. En esta comunidad las personas mostraron mucha disposición para compartirme sus experiencias acumuladas durante mucho tiempo, según la historia escrita en el libro del Lagartillo, donde indican que fue en el año 1983 cuando se estableció dicha comunidad.

El recurso agua existía, pero apenas era suficiente para 20 familias. La mayoría del agua se encontraba en malas condiciones, por lo que no estaba acta para el consumo humano, el agua de las fuentes superficiales en este caso las quebradas, solo se usaba para bañarse, lavar la ropa y el consumo animal y además en época de en verano el río apenas tenía un poco caudal. En base a la necesidad imperante del recurso agua, así inician los comunitarios los primeros

esfuerzos para suplir el agua que era un problema muy sensible. Manifiestan que para este tiempo tenían que buscar el agua más de un km de distancia, teniendo cada familia que levantarse muy temprano a veces desde las 3 Am, para emprender su jornada en búsqueda del agua para sus hogares, la **Sra. Juanita Pérez** presidenta actual presidenta del CAPS, manifiesta “que inclusive tenían que hacer grandes filas y muchas veces se ponía cada uno sus bidones para guarda su lugar o posición en la fila”

Para el año 1986 la cooperativa pensó en crear un sistema donde el agua fuera más accesible a la comunidad y construyeron su primera pila de almacenamiento con un pequeño tramo de tubería con su válvula para poder dosificar el llenado de recipientes, el abastecimiento del agua era de una captación natural en el bosque, indican que en este tiempo el agua no era filtrada ni tratada bajo ningún proceso.

En 1990 tras varios inviernos con poca lluvia el almacenamiento de agua se redujo de forma drástica. Por las gestiones realizadas por el comité de agua se logra recibir un fondo para construir un pozo que les permitiera abastecerse de agua.

Se procedió a excavar un pozo, pero no se encontró agua. Más tarde, con la ayuda de Thomas London (amigo de la comunidad) se construyó un pozo funcional cerca del nacimiento del río. Y es cuando se instaló el primer sistema de bombeo y fue una bomba manual de mecate, posteriormente en el intento de probar con otro tipo de alternativa, se instaló un molino de viento para la extracción del agua del pozo, pero el viento era muy bajo y este sistema no resulto funcional, continuaron en la búsqueda de alternativas e instalaron una bomba sumergible que se alimentaba de un generador de combustión, pero esto resulto ser insostenible en cuanto al costo del combustible y al final el generador termino averiándose.

El comité de agua sigue intentando conseguir la mejor alternativa tecnológica de bombeo deciden, probar con las bombas manuales tipo EMAS para extraer el agua del pozo y poder distribuirla en la comunidad. Se establecen turnos por familias, donde un miembro de cada una debía bombear durante una hora diaria, para garantizar el suministro la maestra Baltazar secretaria del CAPS, comenta “que era un gimnasio rural porque cada uno tenía que bombear agua y esto era como hacer ejercicios para extraer el agua desde el pozo”.

Después de tantos esfuerzos y experiencias en el año 2004, la comunidad se organizó y formó un comité de agua. Antes no existía el CAPS y tenían que ir casa por casa recolectando dinero para hacer frente a los gastos derivados por el mantenimiento del sistema existente, y fue así que tres años después la comunidad del Lagartillo recibe apoyo de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI) para mejorar el sistema de agua. Se construyen seis puestos de agua para garantizar el suministro a nuevas viviendas y se les dota de un tanque plástico de almacenamiento de 3,500 litros de capacidad.

Para los años 2007 y 2008, los colaboradores de la comunidad en diversos proyectos le aconsejan al comité de agua que procedan a conformarse como un CAPS. Es cuando se realiza un acercamiento a la alcaldía de León específicamente (UMAS), donde son capacitados sobre La Ley 722 Ley Especial de Agua y Saneamiento.

En el año 2010 la comunidad, apoyada por la Alcaldía y la ONG Ecología y Desarrollo (ECODES), realiza el proyecto novedoso que consistió en la instalación de un sistema de bombeo fotovoltaico. Este contacto con ECODES, se hace a través de la cooperativa San Francisco a la que pertenecen miembros del comité. Se instala un arreglo de 8 paneles FV (4S2P) de 100 W/panel, un inversor y una bomba sumergible con capacidad de 4m³/h. la comunidad aporta mano de obra y capital valorado en 10,000 C\$ (345 USD) para la compra de los terrenos y material de conductores eléctricos.

Para el cuidado de la inversión realizada en los paneles fotovoltaicos, los primeros 8 meses se organizan turnos de vigilancia del sistema entre todas las familias de la comunidad, esto debido al miedo a sufrir un robo. Por lo cual establecen un sistema de rotación de tareas para la operación del sistema. Una familia diferente es la responsable de conectar y desconectar la bomba cada día. Este sistema ha permitido que todos los miembros de la comunidad participen de forma activa y conozcan los diferentes componentes del sistema. De igual manera permite que se valore el trabajo realizado por el CAPS.

A nivel organización y gestión fue que hasta el año 2012, se consiguen realizar los trámites para ser reconocidos como CAPS. En primer lugar, únicamente reciben apoyo de la Alcaldía. Este logro para la comunidad es considerado como un éxito colectivo ya que surge de la propia necesidad de organizarse en torno a un asunto tan importante como el agua. Hoy en día

la comunidad en su conjunto reconoce esta organización como propia y participan todos por igual de manera muy activa.

La conformación CAPS ofrece varias ventajas entre las que ellos mencionan:

- Auto sostenibilidad económica: Con el pago de una cuota desaparece la necesidad de ir casa por casa recogiendo el dinero, con las dificultades que esto supone. Se comienza a generar un fondo para hacerse cargo de imprevistos, lo que genera una seguridad económica. Este fondo contaba con un total de 22.000 C\$ (760 USD) en 2015
- Reconocimiento por parte de la comunidad. Esta lo considera un éxito ya que surge de la propia e imperante necesidad de estar organizados en torno a un asunto tan importante como el agua.
- Reconocimiento legal como institución, de acuerdo a la Ley 722
- Participación en intercambios de experiencias con otros CAPS y aprendizaje de otros sistemas de bombeo fotovoltaico instalados en el departamento de León.
- Muestreo de calidad del agua (una vez al año).

Como muestra de los logros obtenidos por el trabajo colaborativo de todos los habitantes, recientemente se ha logrado construir una pila nueva con mayor capacidad de almacenamiento, para esto la comunidad conto con el apoyo de Realigh Internacional, quienes aportaron el material para la construcción, pero ellos siguen resintiendo que las instituciones como la Alcaldía municipal y el ENACAL siguen sin participar con la comunidad.

Algunos de los problemas técnicos, a los que se enfrentó la comunidad con el nuevo sistema de bombeo fotovoltaico fueron:

- La sustitución del controlador/inversor, este dispositivo fue afectado por una plaga de hormigas que provocaron cortocircuitos internos e hicieron que dañara.
- Fallo en el sensor de nivel de la bomba, el cuál quedaba bloqueado e impedía el funcionamiento de la misma. Se optó por eliminar este sensor, por lo que la bomba se encuentra desprotegida en la actualidad.

Como un aspecto sumamente relevante de mencionar, están los criterios de la valoración que la comunidad el Lagartillo tiene sobre su Sistema de Bombeo Fotovoltaico.

Los miembros del CAPS definieron el sistema de bombeo fotovoltaico como:

- “La gallina de los huevos de oro”
- “Es una inversión cara, pero viable en el tiempo”
- “Hicimos una fiesta de inauguración. Había tanta alegría, tanta euforia, que no podíamos dejarlo solo”
- “La comunidad fue muy positiva al recibirlo, ya que surgía de la necesidad.

Para describir la percepción del proceso organizativo y de gestión del CAPS de esta comunidad, el objeto es conocer quiénes son las organizaciones o entidades que trabajan a lo interno de la comunidad y otras que trabajan en el ámbito externo de la comunidad. Para esto se hizo uso de las herramientas participativas denominadas diagrama de VEEN.

A continuación, se describen los resultados obtenidos de esta actividad.

Las organizaciones de mayor relevancia que ellos consideran que funcionan dentro del entorno de la comunidad están dos y fueron Gabinete de Comunidad Familia y Vida (GCFV) y el CAPS, así mismo en orden de relevancia con quienes ellos interactúan internamente están la ONG Sonrisa, Salud Comunitaria, Cooperativa Juan Francisco Silva, Asociación Capullo, Asociación hijos del maíz. En el contexto externo, interactúan con Realing internacional, ECODES, MINSA, El Bloque, INAA, UMAS y el MINED, estas son las organizaciones que la junta directiva del CAPS del Lagartillo según el orden de prioridades e incidencia con la comunidad, ellos consideran que son las instancias que interactúan en su ámbito de organización y gestión tanto en el entorno interno como en el entorno externo.

Dentro de esta misma actividad se desarrolló un conversatorio espontaneo con los directivos del comité de agua potable y saneamiento a continuación se retoman algunos planteamientos y repuestas obtenidas.

- **Se les consulto si ellos realizaban algún tipo de planificación de las tareas y ellos respondieron.**

R. Que normalmente se reúnen cada mes con la comunidad para presentarles estados de cuenta y que otras veces se reúnen para tratar casos de emergencia dependiendo la necesidad puntual.

- **En cuanto al ámbito de la organización.**

R. Ellos indican que si están bien organizados y este proceso se evidencia desde alguien externo pone su pie en este sitio. Las 33 familias están totalmente involucradas en el

manejo de su sistema de agua potable, tienen un plan diario para que cada familia vaya a accionar y apagar el bombeo al sitio donde está la fuente, las llaves del panel de control rotan por cada familia en la comunidad y van desde las casas de arriba hasta las casas de bajo.

En verano cuando la situación es crítica y máximo se puede disponer de agua de unos 45 minutos por familia las personas de la comunidad están consciente de la situación de escases.

Dentro de la organización resalta que esta comunidad puede ser modelo de muchas otras dado que han escrito un libro sobre su comunidad y cada persona aportado un granito de arena para tener este documento.

- **A los varones de la junta directiva se les consulto ¿Porque es importante que las mujeres participen en la junta directiva?**

R. Dicen quien más usa el agua es la mujer ella es quien la administra por lo tanto sabe cuánta agua necesita para que su hogar funcione, son las primeras en decir hay no tenemos agua y por eso es necesario que ellas estén en la junta para promover lo del agua y cierran diciendo que debe haber participación de género.

- **Ustedes llevan algún control de los registros de la Calidad del agua que se sirve a la comunidad.**

R. Si ellos tienen el último estudio de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos.

- **¿Existe experiencia de intercambio de conocimiento con otros CAPS?**

R. El tesorero del CAPS el Sr. Javier Rivera ha visitado dos proyectos nuevos como el de Poneloya, el cual es un sistema hibrido conectado a red y otra visita que, realizada al proyecto de la comunidad el Barro, donde existe un sistema de bombeo fotovoltaico que tiene una estación de bombeo por relevo para poder vencer la carga dinámica total.

Así mismo Juanita Pérez manifiesta que, al Lagartillo han llegado otras personas de distintas comunidades para que les asesoren y se comparta con ellos la experiencia en el manejo de este tipo de sistemas.

- **¿Cómo se involucra la comunidad a las actividades que ustedes orientan para el mejoramiento del sistema comunitario de agua potable?**

R. Siempre están dispuestos y atentos a apoyarles porque no hay otra manera de disposición del agua, siempre les apoyan.

- **¿Han tenido dificultades o conflictos serios que hayan pasado ustedes en la comunidad?**

R. Seles quemó la caja de control y mando del equipo y estuvieron sin bombeo y la otra dificultad, es debida a las sequias que viven cada año, en cuanto a los conflictos han sido muy pocos y la gente respeta lo que la junta directiva les indica que se debe hacer.

- **¿Cómo han logrado resolver estos conflictos?**

R. Realizando las reuniones necesarias y entre todos buscarle solución a los problemas que se presentan, si el problema es por falta de fondos la misma comunidad da sus aportes.

- **Capacitaciones y formaciones recibidas.**

R. En la Ley 722 y la ley 620, Control contable, Uso de los libros, En aspectos de Higiene y Salud, Operación y mantenimiento en este proceso están involucrados la Alcaldía, el MINSA y el INAA.



Foto1. Diagrama de VEEN/Herramienta participativa para conocer nivel de organización a lo interno y externo de la comunidad.

Elaborado por: Investigación comunidad del El Lagartillo municipio de Achuapa departamento de León

Para ambos Comités de Agua Potable y Saneamiento, la trayectoria de los aciertos y desaciertos, no ha sido un camino fácil, por lo que muchas veces, como ellos mismos indican pensaron en desistir, pero se sobrepusieron y el factor de la perseverancia y el deseo de tener mejores condiciones para sus familias y las personas que habita en estos lugares, fue

el objeto de esta búsqueda incesante. Para los comunitarios aún hoy en día, contar con agua en un grifo es la respuesta satisfactoria a la necesidad imperante de un ser humano como un derecho al agua.

7.2. Parámetros eléctricos e hidráulicos de funcionalidad de los sistemas de bombeo fotovoltaicos en comunidades rurales.

En el gráfico siguiente se ilustra la correlación entre los datos de irradiación y tiempo para la comunidad de El Lagartillo el día 24 de septiembre del 2016.

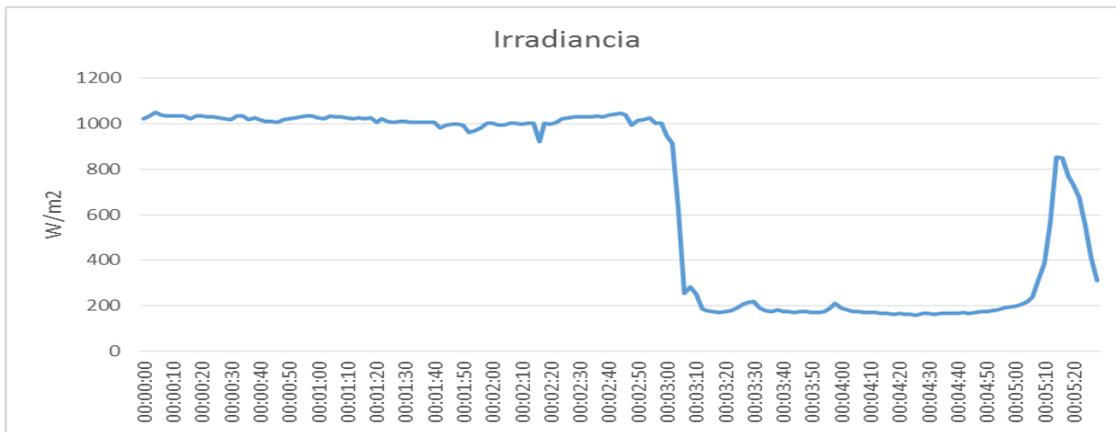


Figura 24. Valores de irradiación con Solarímetro PCE-SPM1

Fuente: Valores de irradiación con Solarímetro PCE-SPM1

Como se observa en la curva con coordenadas de tiempo e irradiación existen momentos donde los datos se comportan de manera casi constante siendo un poco mayor inclusive al valor estándar de un sol ($1000\text{W}/\text{m}^2$ y $25\text{ }^\circ\text{C}$), en estos intervalos es cuando la bomba recibe del sistema de generación la potencia pico, pero de igual manera en un periodo de tiempo también se dan caídas rápidas de la irradiación que alcanza valores de $200\text{ W}/\text{m}^2$ y es entonces que se observa que la bomba no trabaja para valores menores a $380\text{ W}/\text{m}^2$. En el trabajo de levantamiento de datos se logró determinar que aun con estas variaciones la bomba genera un caudal promedio de $2.18\text{ m}^3/\text{hr}$ bajo su carga dinámica hasta la pila de abastecimiento, este valor fue tomado desde las 10.30Am hasta 11.30 Am.

• **Datos técnicos del equipo de generación fotovoltaica.**

Existen 8 paneles de la marca y modelo **RWE SCHOTT ASE-100-GT-FT-K E 1205** fabricados de Si policristalino (72 células por módulo)

Pmax	100 W
Vpmax	34.5 V
Voc	42.5 V
Ipmax	2.8 A
Isc	3.2 A

*STC (1000 W/m²; 25°C)

Vmax Sistema = 750 V

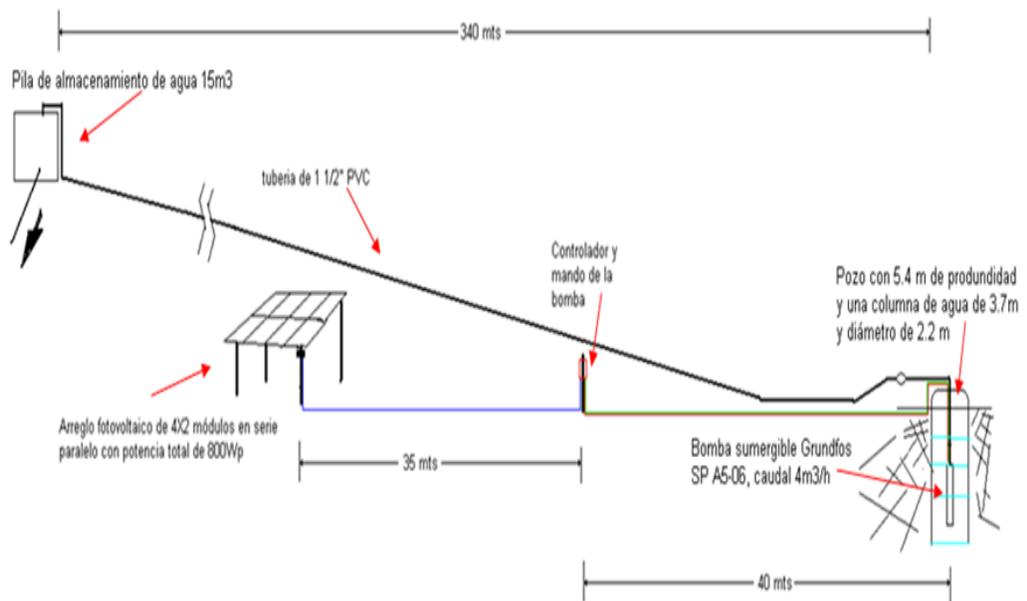
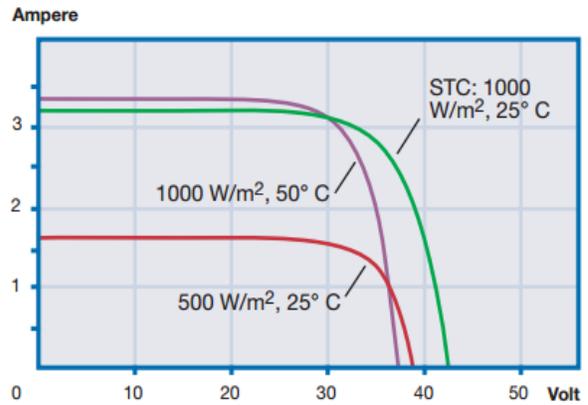


Figura 25. Representación del sistema de bombeo fotovoltaico de la comunidad El Lagartillo

Para la comunidad del Limón el siguiente gráfico se muestra los datos sobre la irradiación incidente vrs la potencia para la comunidad del Limón

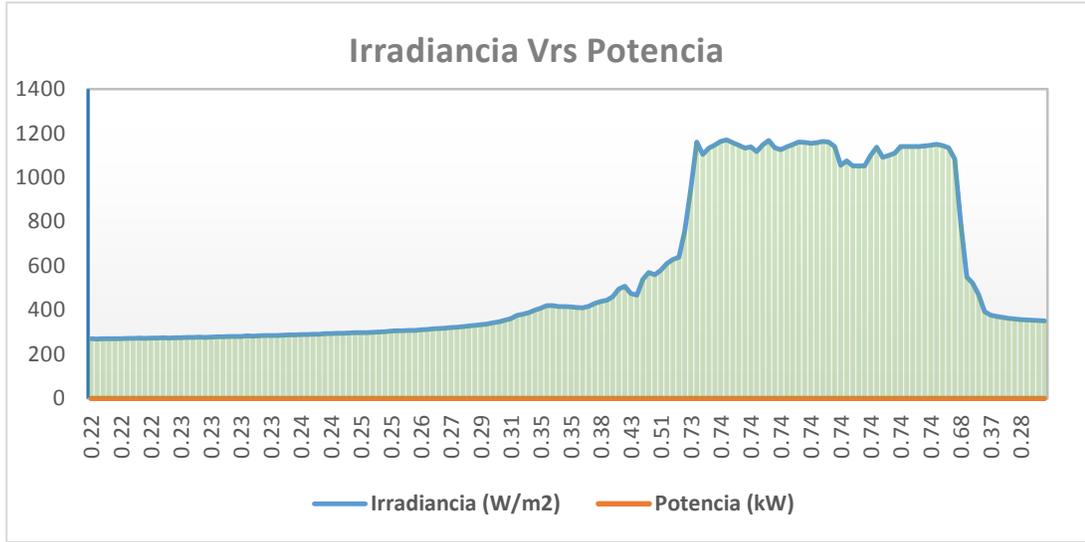


Figura 26. Variación de la irradiación vrs potencia comunidad El Limón

Fuente: Valores de irradiación con Solarímetro PCE-SPM1

El siguiente grafico ilustra la relación que existe entre el caudal de bombeo y la irradiación incidente

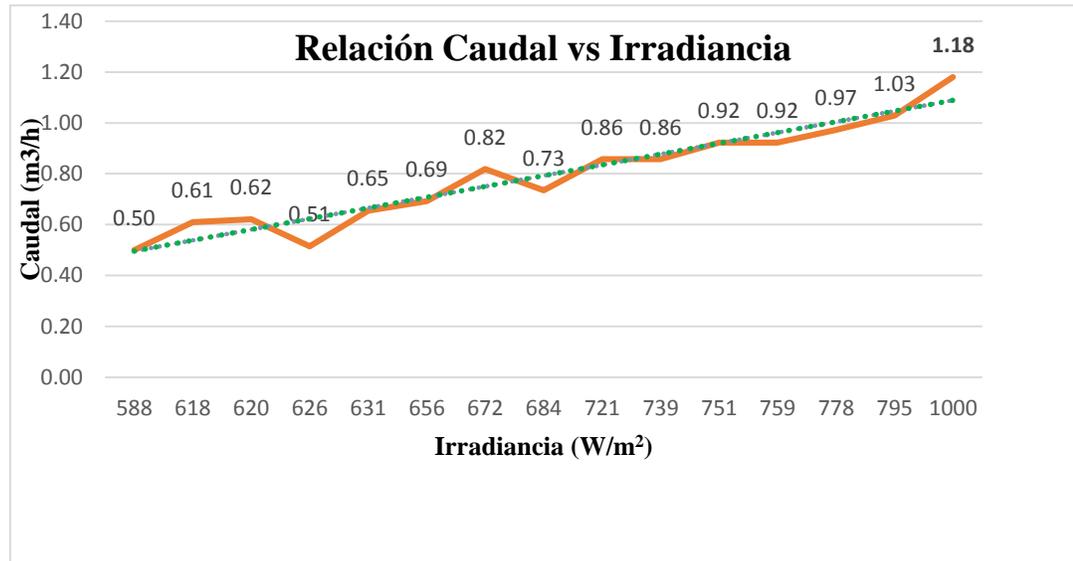


Figura 27. Relación de caudal Vrs Irradiancia comunidad El Limón Estelí

Fuente: Valores de irradiación con solarímetro (PCE-SPM1) y caudalímetro (Arad- M25)

Nota: Para valores promedios de Irradiación = 1000 W/m² el caudal medio= 1.2 m³/h

Por otro lado la siguiente ilustración representa el comportamiento del sistema de bombeo en relación a las coordenadas tiempo e irradiancia.

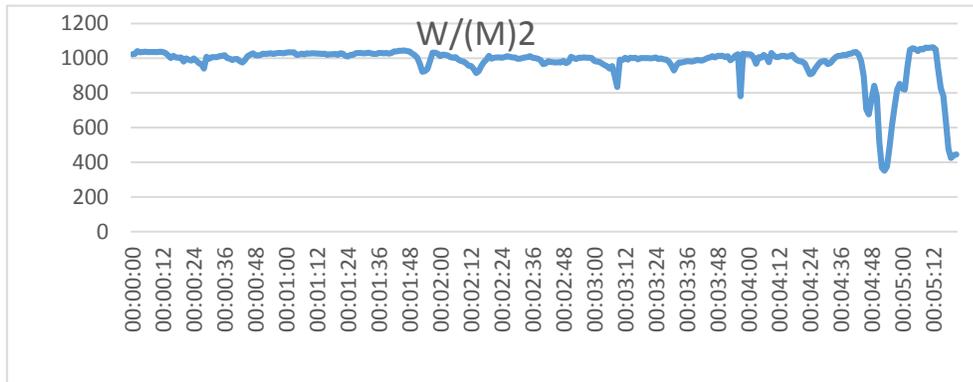


Figura 28. Variación de la irradianción vrs tiempo comunidad El limón

Fuente: Valores de irradianción con Solarímetro PCE-SPM1

❖ **Correlación de variables.**

En el cuadro siguiente se muestra el resultado del grado correlacional de variables entre el caudal e irradiancia, este valor debe estar el rango de (-1 - 0 + 1).

Se observa que el grado de asociación R es de 96.3 % (Pearson), el valor de la determinación es de 92.7%. Dichos valores resultaron ser muy cercanos a la unidad lo cual indica que si existe un alto valor de correlación entre ambos parámetros y que es de forma proporcional.

Resumen del modelo de Regresión

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error tipo de la estimación
1	.963 ^a	.927	.854	.24637

Tabla. No.10 Correlación de variables – Pearson

Fuente: Elaboración Propia- SPSS

7.3. Impacto del sistema de bombeo fotovoltaico en la calidad de vida de los usuarios desde el punto de vista organizativo y técnico.

Para determinar el impacto que tiene en los usuarios el constar con un sistema de bombeo fotovoltaico en la calidad de vida de los mismos, abordando aspectos tales como la organización y gestión del CAPS, el medio ambiente y la higiene y salud.

El siguiente cuadro, refleja según el género encuestado que la cantidad mujeres consultadas en la comunidad del El Limón fue del 78.6% y que en la comunidad del Lagartillo el resultado fue de 64.3%, el resto corresponden a la población de varones respectivamente para cada una.

Cuadro 1. Encuestados (Universo 28 en cada comunidad)						
Comunidad donde vive el encuestado		Sexo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
El Limón	Válido	Hombre	6	21.4	21.4	21.4
		Mujer	22	78.6	78.6	100.0
		Total	28	100.0	100.0	
El Lagartillo	Válido	Hombre	10	35.7	35.7	35.7
		Mujer	18	64.3	64.3	100.0
		Total	28	100.0	100.0	

Fuente : Investigación de campo Comunidades El Limon y El Lagartillo - Programa SPSS
 Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

Desde el punto de vista del manejo racional del agua y retomando el uso cotidiano que las mujeres le dan a este recurso para realizar sus diferentes quehaceres en el hogar, es relevante conocer desde esta perspectiva la opinión que tienen las mismas.

De acuerdo (Muñoz, S., 2013 citado en (Zavala, 2016) en Nicaragua los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), se han definido como formas de organización comunitaria de hombres y mujeres electos por la comunidad, que se encargan de la gestión del agua, organizando a la población...

De manera que lo representado en el siguiente grafico se manifiesta un aspecto relevante en la comunidad del El Lagartillo donde el 100% sabe que son los CAPS, pero esto no ocurrió de igual manera en la comunidad de El Limón donde, 25 % de los encuestados no sabe que son los CAPS, indicando que en la primera comunidad en referencia que las personas están más familiarizadas y empoderadas con su organización

Gráfico 1. ¿Sabe qué son los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS)

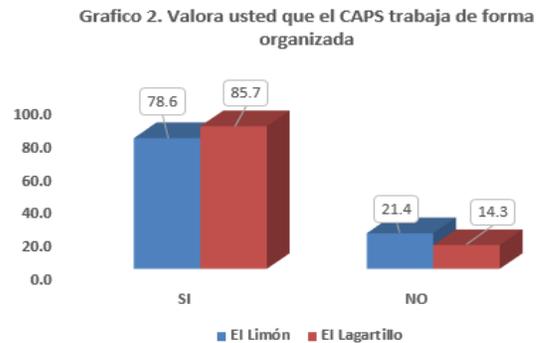


Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
 Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

comunitaria.

Según (Chiavenato, 2007) una organización, “es un sistema de actividades conscientemente coordinadas de dos o más personas. La cooperación entre estas personas es esencial para la existencia de la organización”.

La ilustración muestra que según el valor de la frecuencia de un total de 28 hogares consultados en comunidad del El Limón, el 78.6 % manifestó tener conocimiento al respecto, el 21.4% dijo no conocer. Así mismo para la comunidad del Lagartillo perteneciente al municipio de Achuapa del departamento de León, respondieron en un 85.7 % que su CAPS trabaja de manera organizada y solo un 14.3% manifestó no saber.



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

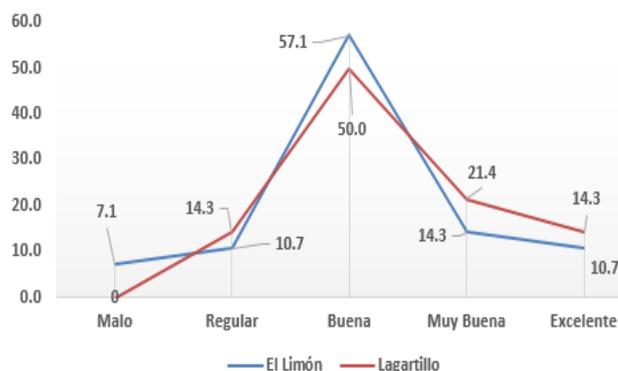
Por lo tanto en lo concerniente al proceso organizativo ambos CAPS, están trabajando de manera aceptable de forma tal que las personas son consciente de que este factor es determinante, para la búsqueda de soluciones en el entorno interno y externo, y este aspecto se describe de igual forma en el grupo focal cuando se realizó la actividad del diagrama de VEEN, para evaluar y conocer la forma de organización de los CAPS de cara a las organizaciones internas y externas que se conjugan haciendo esfuerzos para buscar el bienestar de cada comunidad

La gestión, es un elemento trascendental para la consecución de los objetivos trazados y es mucho más efectiva, cuando según lo descrito por (Chiavenato, 2004 citado por (Slinger, 2015) el trabajo en equipo como la acción individual dirigida, que al tratar de conseguir objetivos compartidos no pone en peligro la cooperación y con ellos robustece la cohesión del equipo de trabajo. La cooperación se refiere al hecho de que cada miembro del equipo aporte sus recursos personales para ayudar al logro de objetivos comunes.

El gráfico refleja la valoración que tienen los usuarios en cada comunidad en cuanto al nivel de gestión que realiza cada CAPS, para buscar soluciones a problemas tangibles, como dato importante de resaltar es que la población del Lagartillo manifiesta, que el trabajo de gestión de su CAPS ante otras instancias tomado los valores de opinión positiva, resulta que alcanza un valor del 85.7% y la valoración para el nivel de gestión del CAPS del Limón, fue del 82.1%. Por lo tanto, estos resultados reflejan que los comunitarios saben que sus juntas directivas realizan acciones en pro del proceso de gestión muy importante.

Se ha estado trabajado en una planificación de una experiencia a mediano plazo orientada a introducir la variable de la igualdad de género en el ámbito de la gestión comunitaria del agua y el saneamiento en el medio rural de Nicaragua. Esto pretende convertirse en una contribución práctica, significativa y sistemática al debate sobre la transversalización de la perspectiva de género en los proyectos de cooperación al desarrollo y en particular en los proyectos de acceso al agua. (AECID, 2012)

Gráfico 3. Como valora el nivel de gestión que realiza el CAPS ante otras instancias como MINSA, ALCALDIA y ENACAL

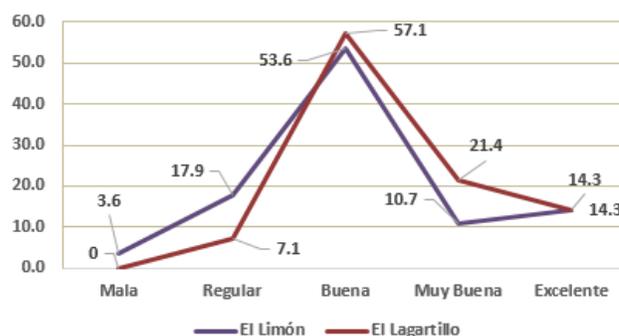


Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo

Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

En la ilustración, se observa que los comunitarios piensan que la composición de la junta directiva en cuanto a equidad de género del total de los 28 encuestados de los hogares de comunidad del Limón opinaron que el nivel de distribución de cargos en la junta directiva en cuanto a género es positivo en un 78.6 %, mientras que en la comunidad del Lagartillo el 92.8% opinaron como totalmente positivo que existan mujeres integren la junta directiva del CAPS y es totalmente congruente dado que su presidenta es la señora Juanita Pérez, quien ha efectuado un trabajo encomiable en la gestión del agua para su comunidad.

Gráfico 4. Composición por género en la junta directiva del CAPS



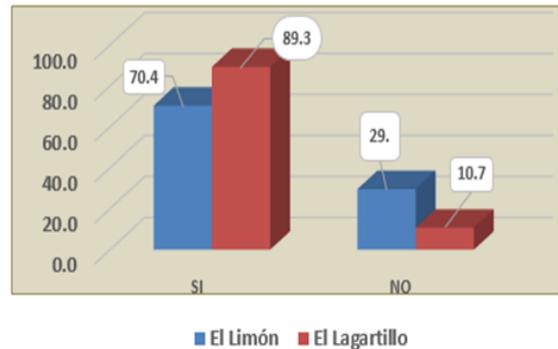
Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo

Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

La fase de capacitación o entrenamiento es el proceso de desarrollo de capacidades en los recursos humanos para habilitarlos, con el fin de que sean más productivos y contribuyan mejor a la consecución de los objetivos organizaciones. (Chiavenato, 2002)

La ilustración, refleja que efectivamente los CAPS reciben capacitaciones y actualizaciones sobre el manejo y uso racional del agua y este proceso normalmente viene por parte de las alcaldías, a través de las unidades municipales del agua y saneamiento (UMAS). Los CAPS se han formado en aspectos de la Ley 722 - Ley Especial de los Comités de Agua y Saneamiento, aprobada desde año 2010, así mismo a nivel territorial tienen incidencia el Ministerio de Salud en cuanto a higiene y salud en las comunidades. Los resultados en grados porcentuales fueron de un 70.4 % para El Limón y para la comunidad del Lagartillo fueron de un 89.3 %, en este sentido la última comunidad está más fortalecida en cuanto a formación y es un factor que se evidencia al conversar con las personas que conforman la junta del CAPS.

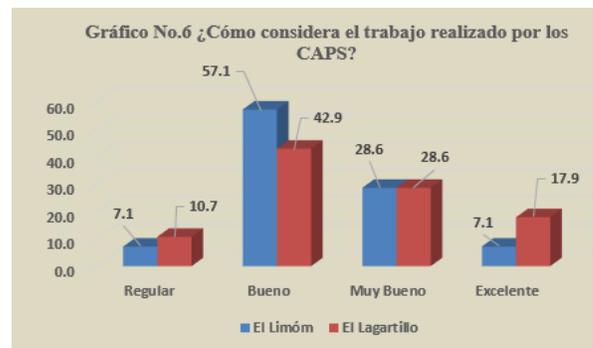
Gráfico 5. Los CAPS reciben capacitaciones y actualizaciones para el manejo del sistema



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

El gráfico refleja el nivel porcentual de los valores de opinión favorable que tienen las personas de la comunidad del Limón quienes indican que el 92.8% que su CAPS ha venido realizando un excelente trabajo. Para la comunidad del Lagartillo las personas encuestadas el valoraron como muy bueno con un valor de 89.4 % que el trabajo que ha realizado su CAPS.

Gráfico No.6 ¿Cómo considera el trabajo realizado por los CAPS?

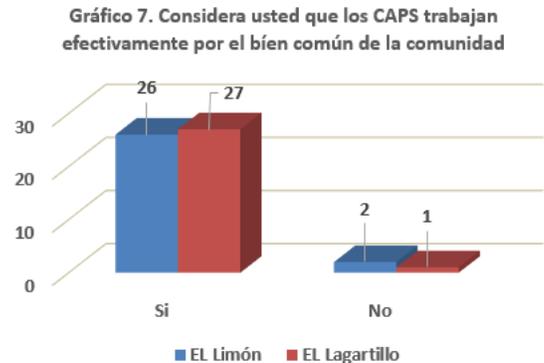


Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

Por lo que en base a lo anterior sin duda alguna en cada comunidad se reconoce que el trabajo que han venido desarrollando los CAPS en función del manejo y sostenibilidad del recurso finito, es totalmente aceptable.

La ilustración refleja que en base a que consideración tienen los comunitarios en cuanto si sus CAPS, trabajan efectivamente por el bien común de la comunidad.

Para la comunidad del Limón de los 28 hogares encuestados 26 de ellos, respondieron que su CAPS trabaja efectivamente por el bien de la comunidad. Por otro lado, en la comunidad el Lagartillo 27 hogares de un total de 28 encuestados respondieron con propiedad que su CAPS trabaja efectivamente por el bien su comunidad.

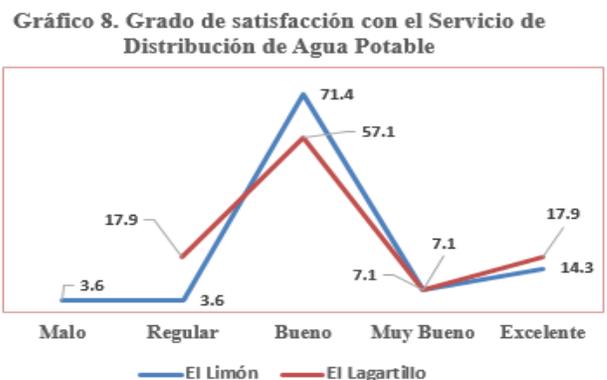


Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

Según (Calva , 2009) la satisfacción se entiende como la razón, acción o modo con que se sosiega y responde enteramente a una queja, sentimiento o razón contraria. Nuestra sensación de estar satisfecho, la reducimos, por tanto, a lo que nos es grato, próspero o bien nos conduce a sentirnos complacidos o simplemente contentos

Las personas de estas comunidades saben que el comité de agua potable es un valuarte de la propia comunidad, y ellos están empoderados del trabajo cohesionado que estos efectúan día con día para la conservación y correcta operación de cada uno del sistema.

Al observar la figura pareciera ser que la comunidad del Lagartillo no está satisfecha con el servicio de distribución de agua y en definitiva existe un grado de insatisfacción comparándolo con los resultados de la comunidad del Limón. Este valor sumando las consideraciones positivas alcanza un valor del 82.1% dato alto, tomando en consideración que, en épocas de verano, solo cuentan con un servicio de 35 a 45 minutos



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

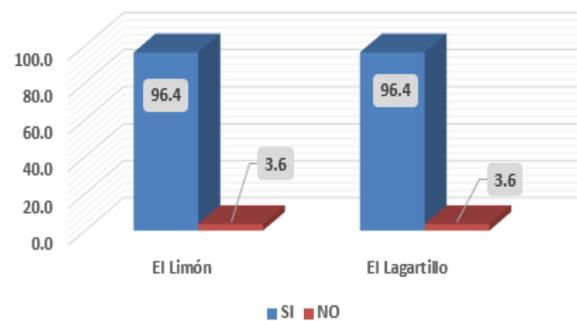
diarios de agua por familia, esto con el único fin de hacer uso racional del poco volumen de agua que genera la fuente dado que el nivel disminuye a valores muy críticos en la época verano. Por lo tanto, ese indicador es alto comprado con esta situación muy especial que ellos cada año deben de enfrentar. No ese el mismo caso que el de la comunidad El Limón donde existe suministro de agua las 24 hrs.

Para (Posorky, 1996), “esto no es solo debido al ahorro energético, sino también a que en los sitios más remotos puede resultar económicamente más viable instalar un equipo de estas características que llevar una línea desde la red”.

Pero hoy en día es parte de las políticas públicas del (GURN) trabajar en la transformación de la matriz energética y cada sistema por muy pequeño o muy grande que sea aporta en este sentido. Pero sin duda alguna las energías renovables van tomando un lugar preponderante como alternativas sustentables de energía, máxime que pueden ser utilizadas en cualquier sitio siempre y cuando exista un nivel de irradiación aceptable por lo menos con valores superior a los 440 de W/m^2 , valor que permite el arranque del equipo de manera que aquellos sitios donde la irradiación es del orden de los 800 w/m^2 son efectivos el uso de esta tecnologías en dependencia de la cantidad de agua que se requiera bombear.

Todos los sistemas de agua potable presentan complejidad para el manejo y su operación dado que presentan fallas debidas a daños de componentes de los equipos, rotura de tuberías. Según el estudio realizado por el (Desarrollo Socioeconómico y Ambiente de Zamorano, 2004) indica que los problemas, encontrados, aunque en menor escala, estaban en las tuberías de distribución.

Gráfico 9. ¿Considera importante que exista un Sistema de bombeo de agua a través de energía solar fotovoltaica?



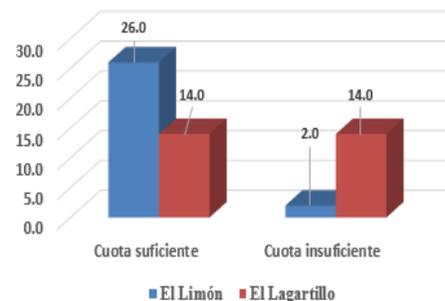
Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo

Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

En términos generales, los problemas principales de los sistemas de agua están relacionados a las tuberías de conducción y distribución, debido a la falta de protección, mantenimiento preventivo y los altos costos de su reemplazo. En cuanto a los componentes, de los sistemas (filtros, válvulas, entre otros), para estos y los demás componentes requiere ser cambiados y para esto se necesita constar con fondos para lograr la disponibilidad de los sistemas a costos aceptables.

Por lo que al consultarles en la comunidad El Limón 26 hogares de 28 encuestados opinan que la cuota de pago por el servicio de agua es razonable para dar mantenimiento al sistema resultado que difiere de la comunidad El Lagartillo donde 14 de los 28 manifestaron que es muy poco el pago de manera que ellos entienden que es necesario cobrar más para la sostenibilidad del sistema de agua potable.

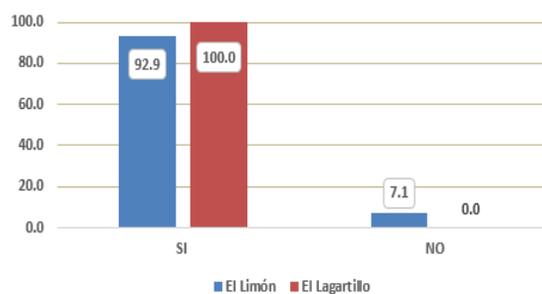
Gráfico 10. Idoneidad de la cuota para el mantenimiento del Sistema de Agua Potable



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

En lo concerniente al medio ambiente se les consulto sobre si conocía si el entorno donde está ubicada la fuente de agua esta reforestado. En la comunidad del Lagartillo el 100% manifestó conocer que el sitio donde está la fuente esta reforestado, mientras que en la comunidad del Limón este valor resulto ser del 92.9% son valores muy altos pero es importante remarcar que en la comunidad del Lagartillo existe una particularidad muy especial, dado que en este sitio se turna por día la llave del control de mando de bombeo de manera tal que cada familia va hasta esta sitio de forma que cada quien conoce bien el lugar donde está la fuente de agua de la comunidad, este podría ser un caso único donde la comunidad completa maneja su sistema.

Gráfico 11. ¿Conoce usted si el entorno donde está la fuente de agua de bombeo FV, está reforestado?

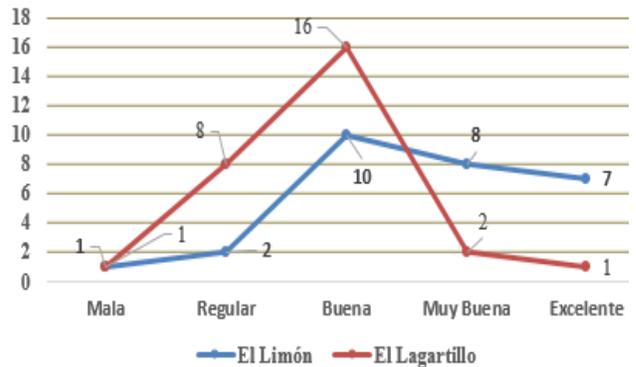


Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

En cuanto a la higiene y salud, la ilustración se muestra las repuestas de las personas que fueron consultadas en cada comunidad.

Las opiniones sobre la buena calidad del agua son altos en cada sitio de estudio, sabemos que existe una proporcional directa entre el agua de mala calidad y las enfermedades, y este no es caso en estas comunidades, es importante hacer mención que en la comunidad del Lagartillo en cada hogar existe un filtro y esto ayuda a mejor el nivel de turbidez del agua porque el agua de fuente es turbia en invierno, esto debido a que existen infiltraciones hacia el pozo dado que es excavado a mano, pero aun así ellos consideran su agua de buena calidad y no se han dado ningún brote de enfermedades debidas al agua de consumo.

Gráfico 12 . Como considerara la calidad del agua de la comunidad

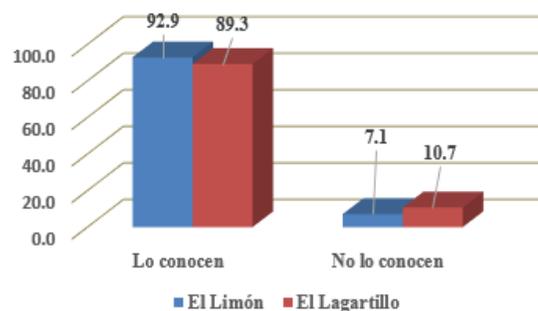


Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo

Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

En cuanto a que si las personas conocían si existía un sistema de cloración del agua, las repuestas porcentuales tal como se ilustra fueron para la comunidad del El Limón de un 92.9 % y valor de conocimiento que tenía la comunidad del Lagartillo fue de un 89.3 % valores sumamente altos porque lo que se concluye que ambas comunidades están bien informadas sobre este aspecto que es importante para eliminar patógenos que podrían causar enfermedades en las personas que consumen el agua en estas comunidades.

Gráfico13. Conocimiento de la existencia de un sistema de cloración para el agua



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo

Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

La gráfica muestra las repuestas a la pregunta sobre el tipo servicios sanitarios que tienen en las comunidades, de manera que 7 de los 28 encuestados en la comunidad el Limón poseen en sus hogares inodoros, y en la comunidad del Lagartillo todos manifiestan tener solamente letrinas en sus hogares

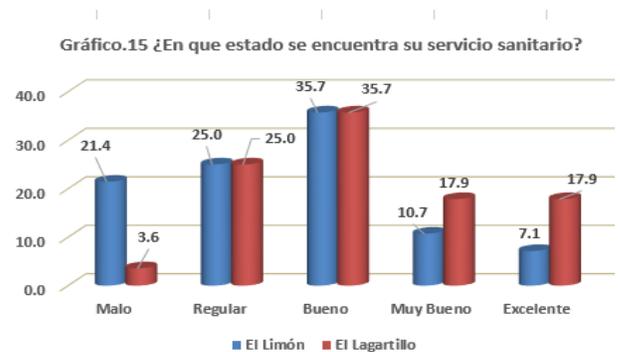
Es importante en cuanto a saneamiento sabe qué tipo de servicios sanitarios tienen en las comunidades debido a que esto está relacionado con la distancia hasta la fuente de agua.

Por lo tanto, por la característica de la comunidad del El Limón la cual es semirural se cuentan con 7 servicios sanitarios, mientras que en la comunidad del Lagartillo solo cuentan con letrinas. Una ventaja es que el punto más cercano de la comunidad a la fuente de agua puede estar a unos 500 m de distancia, por lo no deberían existir problemas por los lixiviados que pudieran contaminar el manto acuífero.



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

En cuanto al estado de los servicios sanitarios como se representa en la ilustración en la comunidad del Lagartillo considerando los criterios positivos de bueno, muy bueno y excelente nos da un valor de 71.5%, mientras que en la comunidad de El Limón nos da un resultado de 53.5 % lo cual representa un valor más bajo en referencia a la otra comunidad.



Fuente: Investigación de campo comunidades El Limón y El Lagartillo
Elaborado por: Luis Lorenzo Fuentes Peralta (2016)

7.4. Modelo de evaluación integral sostenible, para sistemas de bombeo fotovoltaico de agua en comunidades rurales

Proponer un modelo de evaluación integral sostenible, para sistemas de bombeo tipo MABE, pero con generación fotovoltaica implementado en comunidades rurales. Por lo que dando se ha desarrollado un modelo que contempla un matriz tipo check list, para conocer de manera rápida el estado funcional de estos miniacuedos manejados por los CAPS, el modelo de evaluación técnica utilizando es una plantilla excel combinada con fórmulas, que permite ingresar datos hidráulicos que sirven de base para obtener repuestas usando las formulas ya tabuladas en la metodología, de manera que se puede dimensionar un sistema de generación de energía fotovoltaica a partir de los resultados de potencia hidráulica.

Esta plantilla puede ser utilizada para una evaluación un sistema ya construido como es el caso del estudio, o podría servir para un sistema que requiere ser dimensionado según una demanda específica pero debidamente proyectada en un horizonte de tiempo.

Check List de Evaluación de los Sistemas de Bombeo Solar Fotovoltaico administrados por los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS).

Ejes	Acciones	Valoración				
		♦	♦♦	♦♦♦	♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
Género	Participación de las mujeres en la junta directiva y toma de decisiones.					
	Participación de la mujer en las asambleas generales de pobladores.					
Organización y gestión del CAPS	Integración de los usuarios del servicio de agua en las asambleas generales.					
	Cuentan con libro de actas					
	Plan definido de trabajo					
	Tienen un reglamento interno					
	Cuentan con libro contable					
	Articulación con instituciones del estado y organismos no gubernamentales.					
	El CAPS está debidamente registrado ante la Alcaldía e INAAA					
Funcionamiento	Acceso constante al servicio de agua					
	Sistema de cobro con recibos oficiales					
	Ahorro de agua y tratamiento de las aguas servidas					
Infraestructura y sistema de bombeo fotovoltaico	Mantenimiento del sistema de bombeo					
	Estado del sistema de bombeo.					
	Estado de la captación					
	Cerca perimetral de la fuente de agua					
	Puntos de medición de niveles					
	Protección perimetral de los sistemas de generación fotovoltaica					
	Estado actual de la pila de almacenamiento					
	Fugas visibles en el sistema de bombeo y red de distribución					
	Estado actual de las llaves de chorro					
Ubicación de paneles (Dirección Sur)						
Sistema de medición	Datos de niveles dinámicos y estáticos					
	Sarta con macro medición					
	Sarta con punto para prueba de descarga libre.					
	Conexiones domiciliarias con micro medición.					
Medio ambiente	Reforestación en la fuente de agua					
	El invierno con respecto al año anterior como se ha comportado por lo de la recarga hidráulica de fuente					
Higiene y Salud	Sistema de cloración del agua					
	Control de análisis físico-químicos y bacteriológicos por parte del Enacal					

♦: Muy malo, ♦♦: Malo, ♦♦♦: Regular, ♦♦♦♦: Bueno, ♦♦♦♦♦: Excelente

Cuadro No 2. Propuesta de evaluación de sistemas de agua potable comunitarios
Fuente: Elaboración propia (2016)

Plantilla Excel de Cálculos Hidráulicos

Datos de Campo y Documentación Técnica				
Denominación	Variable [unidad]	Valor	Formula	Comentario
Nivel dinámico	ND [m]	26.2		Dato obtenido con sonda de Nivel
Nivel Estático (NEA)	NE [m]	24.3		Dato obtenido con sonda de Nivel
Altura z_2	z_2 [m]	28		Dato obtenido con GPS
Abatimiento	Ab [m]	1.9		
Coeficiente de rugosidad del PVC	ϵ [m]	1.5E-06	3.41686E-05	Fuente: miliarium.com
Dímetro interno	d_interno [m]	0.0439		
Coeficiente de fricción - diagrama de Moody	f	3.15E-02	$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3,7 * d_{interno}} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$	Libro de Frank White VI - 6
Coeficiente de fricción según Blasius para Re<100000	f (Blasius)	3.21E-02	$f = 0,3164 * Re^{-0,25}$	Fuente: miliarium.com
Dímetro nominal	d_nominal [m]	0.0381	$d_{nominal} = 1,5 * 0,0254$	
Conversión pulgada - metros	una pulgada [m]	0.0254		
Coeficiente de pérdidas	κ [m]	3.77		Estimado
Longitud del tubo	l [m]	480		
Eficiencia	η	0.42		De tabla para motor Ac o CC sumergible con Bomba Centrífuga
Densidad de agua	ρ_{agua} [kg/m ³]	1000		
Gravedad	g [m/s ²]	9.81		
Viscosidad	ν_{agua} [m ² /s]	1.50E-06		Libro de Frank White VI - 18

Cuadro No. 3

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cálculos				
Denominación	Variable [unidad]	Valor	Fórmulas	Observaciones
Caudal	Q [m ³ /s]	0.00037		
Caudal	Q [m ³ /h]	1.32		(Valor promedio de 15 mediciones realizadas en el macro medidor)
Velocidad	v [m/s]	0.32	$v = Q/A_{tubo}$	Ecuación de la conservación de la masa - continuidad
Área del tubo	A_tubo [m ²]	0.00114	$A_{tubo} = \frac{d_{interno}^2 * \pi}{4}$	
Número de Reynold	Re	9412.50	$Re = \frac{v * d_{interno}}{\nu_{agua}}$	Mayor que 2,300-->turbulento (Frank White VI-15)
Rugosidad relativa según el material	ϵ_r [m/m]	3.42E-05	$\epsilon_r = \epsilon/d_{interno}$	
Altura fricción	h_f [m]	3.74	$h_f = \frac{v^2}{g} * (\kappa + f * \frac{l}{d})$	Fórmula de Darcy/Pérdidas por fricción por longitud de tubería + accesorios
Altura bomba	Hb [m]	65.94	$h_B = z_2 + ND + h_f$	Ecuación de la conservación de energía -Bernoulli ya simplificada
Potencia de la bomba	BHP [W]	564.75	$P = Hb_{BHP} * Q * g * \rho_{agua} / \eta$	
Potencia de la bomba real con 25' BHP_25% [W]		705.94	$P_{25\%} = P * 1,25$	Potencia hidráulica al freno

Cuadro No.4 Plantilla de cálculo hidráulica investigación

Fuente: Elaboración propia (2016)

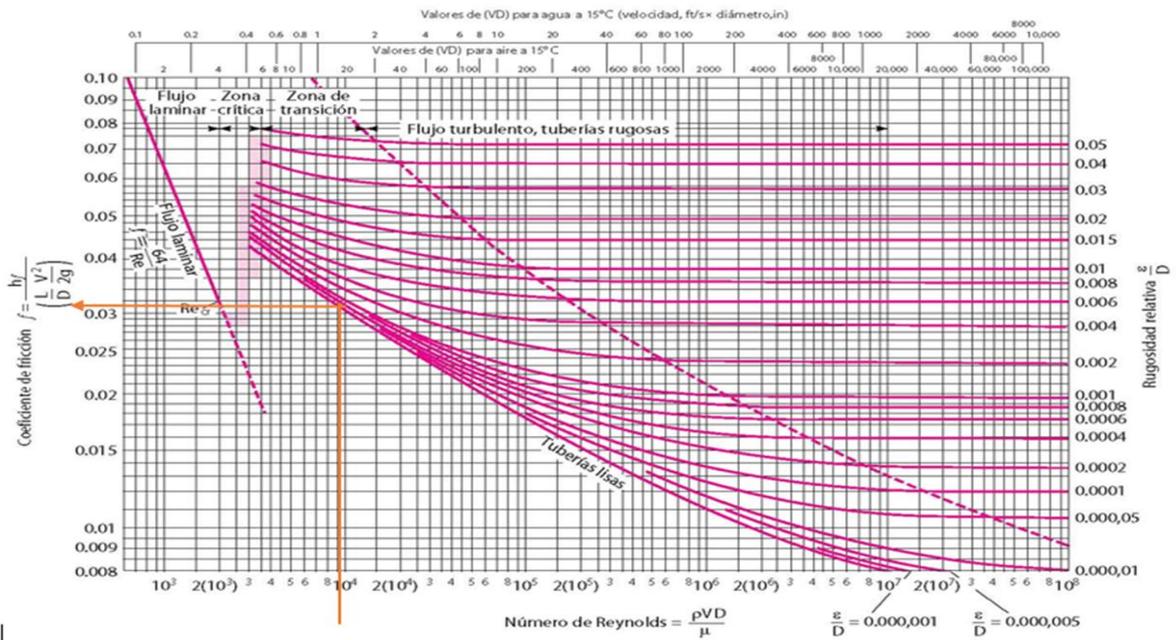


Figura. 29 Diagrama de Moody para determinar el factor de fricción.
Fuente: Mecánica de los Fluidos de Frank M. White

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m²/day)

Lat 13 Lon -86	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4.28	4.93	5.73	5.91	5.27	4.84	4.55	4.78	4.92	4.67	4.26	4.09	4.85
K	0.50	0.53	0.56	0.55	0.49	0.45	0.43	0.45	0.48	0.49	0.49	0.50	0.49
Diffuse	1.67	1.84	1.99	2.18	2.31	2.31	2.32	2.35	2.20	1.97	1.73	1.60	2.04
Direct	4.41	4.83	5.48	5.29	4.23	3.66	3.20	3.45	3.91	4.11	4.18	4.30	4.25
Tilt 0	4.24	4.88	5.66	5.82	5.16	4.73	4.45	4.70	4.85	4.62	4.23	4.06	4.78
Tilt 13	4.65	5.19	5.80	5.71	5.19	4.79	4.48	4.66	4.87	4.83	4.59	4.49	4.94
Tilt 28	4.91	5.31	5.68	5.34	4.99	4.66	4.34	4.43	4.69	4.85	4.79	4.78	4.89
Tilt 90	3.42	3.18	2.63	1.78	2.16	2.22	2.05	1.82	2.05	2.72	3.21	3.46	2.55
OPT	4.94	5.31	5.80	5.82	5.20	4.79	4.49	4.70	4.89	4.87	4.80	4.84	5.03
OPT ANG	36.0	27.0	15.0	0.00	8.00	11.0	9.00	4.00	8.00	22.0	33.0	38.0	17.5

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.

Cuadro No.5 Datos técnicos promedios anuales del recurso solar

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=095104&lat=13&submit>

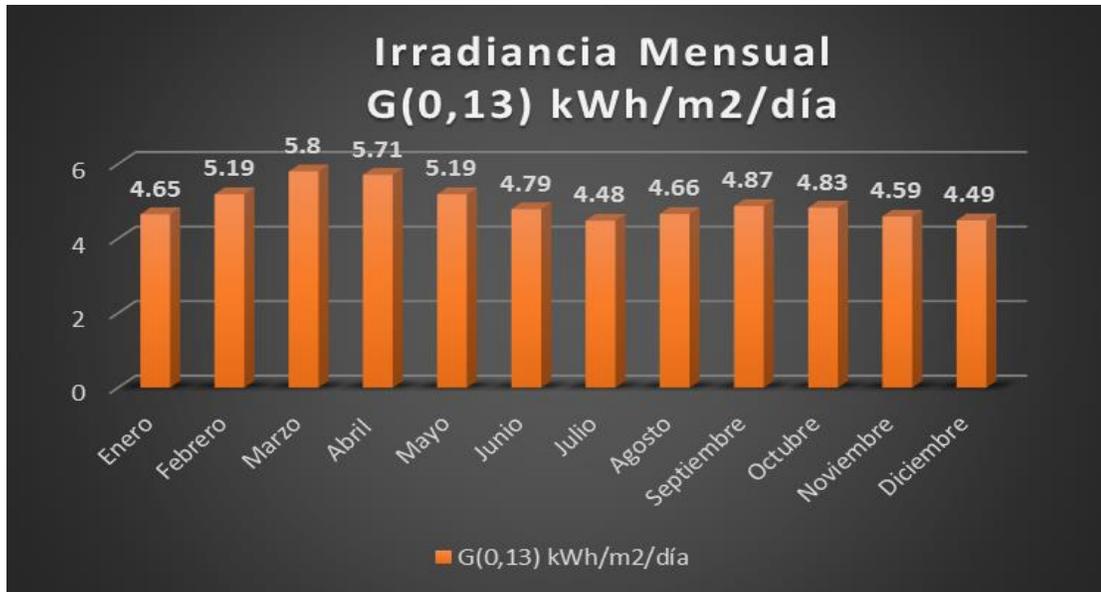


Figura 30. Irradiación mensual en la latitud 13°

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=095104&lat=13&submit>

CAPITULO VIII. CONCLUSIONES

En las comunidades estudiadas la necesidad del agua es un común denominador, que le ha permitido a cada una de ellas articular esfuerzos y acciones colectivas que han evolucionado gradualmente en cada uno de estos sitios rurales. En cada lugar se han desarrollado distintas líneas de tiempo, eventos similares fundamentados en necesidades comunes. Sin duda alguna este proceso ha permitido a cada uno de los comités de agua comunitarios consolidar los aspectos organizativos y de gestión del agua para sus comunidades.

El estudio permite evidenciar que existe una diferencia sustancial entre las comunidades del El Limón y El Lagartillo, donde la primera de ellas se ha convertido en un sitio semirural que facilita al CAPS de la comunidad del El Limón establecer mayor número de contactos con los que han podido concretar apoyo financiero y técnico para la sostenibilidad del sistema de agua potable, pero dicha condición general crea un efecto de conformismo entre los comunitarios. Esto no es el caso para la comunidad del Lagartillo donde las condiciones geográficas son muy distintas, pero entre todos los comunitarios existe un factor de sinergia preponderante dado que las personas tienen un nivel de disposición y participación en el proceso organizativo y de gestión totalmente efectivo debido al empoderamiento que existe hacia la conservación y manejo racional de su sistema de agua potable.

En cuanto a la tecnología de los sistemas de bombeo fotovoltaico, está ya tiene algún tiempo de implementación, pero cada vez más dicha alternativa es ampliamente utilizada para brindar soluciones a problemas de abastecimiento de agua en sitios aislados, es por lo tanto que la investigación propone a través de una plantilla de cálculos determinar los parámetros hidráulicos y así mismo se detalla la memoria algorítmica para determinar los parámetros eléctricos del dimensionado de un sistema de generación fotovoltaica, estos parámetros servirán de insumo para la evaluación de un sistema en pleno funcionamiento o bien el dimensionado de un sistema nuevo siempre y cuando se conozcan los valores de demanda de agua, según población actual y futura proyectada, datos sobre diferencia de niveles de bombeo, nivel permisible de explotación de la fuente, datos técnicos del recurso solar incidentes en el sitio de estudio.

A través de la aplicación del instrumento de la encuesta semi estructurada, se logró conocer el nivel de percepción que tienen cada uno de los usuarios sobre el trabajo que realizan los CAPS en sus comunidades, ellos valoran estructura de organización, trabaja por el bien común de su comunidad y desde mi perspectiva puedo expresar, que los CAPS son organizaciones baluartes que hacen un trabajo sumamente memorable, siendo agentes de cambio hacia la transformación y desarrollo en sus comunidades

Como un último aspecto a resaltar es que se logró confirmar la hipótesis planteada en la investigación y por lo tanto se da por aceptada, dado que los resultados obtenidos evidencian que el proceso de organización y gestión es un instrumento eficaz que contribuye al funcionamiento correcto de un sistema de agua potable comunitario, así mismo se concluye que existe correlación de variables (Pearson), dado que el valor obtenido entre las variables caudal e irradiación fue del 0.963.

CAPITULO IX. RECOMENDACIONES

En la parte de gestión y organización en busca de lograr un punto de funcionabilidad de todo el sistema se recomienda lo siguiente:

❖ Recomendaciones para la comunidad del El Limón

Se debe establecer un plan de trabajo que estipule la programación de reuniones periódicas con los usuarios para escuchar sus opiniones y que acciones se tienen que tomar para hacer las mejoras de inversión en el sistema.

- Deben actualizar los libros de control que se llevan.
- Realizar a lo inmediato una asamblea con los usuarios para definirles que no pueden seguir usando el agua de la red para otros fines que no sea el consumo y la higiene del hogar, hay consumos promedios mensuales de 542.87 m³. que significa un consumo por hogar de 11 m³/mes
- Se debe establecer tarifas diferenciadas en función del consumo mensual de cada usuario, dado que existen algunos usuarios que consumen más del 30 m³/mes lo cual se considera un muy alto para comunidades rurales.
- Deben programar el trabajo de sacar el equipo de bombeo y profundizarlo en al menos unos tres metros de tubería y esto debe planificarse en conjunto a la comunidad. Los en el periodo 2005 al 2016 el nivel estático ha pasado de 18 m a 24.2 m y el NDA ha paso de 20m a 26.6 m, esto indica que la reducción del manto ola fuente es progresiva y se está agotando o en el mejor de los casos solamente requiere una limpieza profunda.
- Gestionar ante el ENACAL, apoyo institucional para resolver a aquellos problemas que tengan un nivel de resolución más complejo.
- Gestionar otras fuentes de financiamiento para hacer las mejoras en el sistema de generación fotovoltaica, dado que la inclinación del arreglo no está en la dirección sur que es la correcta y tendrían mayor nivel de aprovechamiento de la energía.
- Gestionar fondos para hacer una conmutación manual que les permita asilar la conexión convencional de la energía directa del generador fotovoltaico
- Gestionar fondos para construir una sarta que lleve punto de descarga libre e instalar un manómetro en la línea de descarga.

- Gestionar participación en procesos de capacitación relacionados a mantenimiento, higiene y salud, manejo de libros contables etc.
- Gestionar un proyecto secundario para mejorar el tema de las letrinas que no están muy bien según la encuesta realizada.

❖ **Recomendaciones para la comunidad del Lagartillo**

Para este sitio las recomendaciones son meramente técnicas, dado que, en la parte de gestión y organización, trabajo colectivo con los comunitarios ellos están muy bien, su problema es debido a su ubicación geográfica donde el agua es muy escasa en tiempo de verano, por lo tanto, se recomienda:

- En el plan de trabajo comunitario que cada hogar tiene realizar para poner en marcha el sistema de bombeo se sugiere observar en invierno el nivel de reboso de la pila para no hacer funcionar la bomba de forma innecesaria.
- Deben gestionar la instalación del sistema de control de niveles para proteger el equipo de bombeo, dado que actualmente el equipo no tiene ninguna protección.
- Al sistema de control y mando se le debe construir una caseta para que no esté a la intemperie porque por la humedad o infiltración de agua podría sufrir daños y esto ya les paso una vez.
- Construir en la sarta de descarga una línea para descarga libre que permita limpiar el pozo en caso de ser necesario.
- Trabajar en un plan de gestión ante ENACAL, para que les realice un estudio de pre factibilidad de proyecto para instalar las conexiones domiciliarias con tuberías PVC.
- Gestionar de igual manera la instalación del sistema de micro medición de agua para cada usuario.
- Gestionar fondos para cambiar el macro medidor dado que está mal estado
- Hacer limpieza donde está el sistema de generación fotovoltaica para evitar las sobras sobre las células, debido a que estas interfieren el sistema de generación porque están conectadas en serie y le incide sobre algunos módulos fotovoltaicos.
- Hacer gestiones ante INTUR para que más personas conozcan de este lugar en cual las personas son sumamente cálidas y muy amables.

BIBLIOGRAFÍA

- AECID. (2012). *AVANZANDO EN LA EQUIDAD DE GÉNERO EN LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA*.
Obtenido de <http://www.aecid.es/Centro-Documentacion>.
- Arias Arbeláez, F. A. (Diciembre 2006 de 2006). Obtenido de
<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/colombia/cidse/Doc93.pdf>.
- Arnalich, S. (marzo de 2008). *Instalacion de un Sondeo*. (arnalich, Ed.) Obtenido de
https://books.google.es/books?id=zXJQHXLd8C&pg=PP3&lpg=PP3&dq=Arnalich+Casta%C3%B1eda,+Santiago.+%E2%80%9CLa+instalaci%C3%B3n+de+un+sondeo%E2%80%9D+Primera+edici%C3%B3n.+Marzo+de+2008&source=bl&ots=Ow8kyxkVm7&sig=9pQj_8Rtn2WAolbNO MudJQrXhKk&hl=es&sa=X&v.
- Asociación Fenix. (2013). Marco Legal de los recursos naturales de nicaragua. En Asofenix. Managua ,Nicaragua.
- Calva , J. G. (2009). *Satisfacción de los usuarios : Investigación sobre la necesidades de información* .
México: Universidad Autonoma de México.
- Caracterizacion Municipal . (2001).
<https://www.google.com/search?q=datos+de+precipitaciones+del+lagartillo+achupa>.
Obtenido de
<https://www.google.com/search?q=datos+de+precipitaciones+del+lagartillo+achupa>.
- Chiavenato, I. (2001). *Administracion Teoria ,Proceso y Práctica*. Bogota: Mcgraw Hill.
- Chiavenato, I. (2002). *Gestion del Talento Humano*. Mc Graw Hill.
- Chiavenato, I. (2007). *Administración de los Recursos Humanos*. Mexico: McGraw-Hill.
- CINARA. (2003). Obtenido de <http://docplayer.es/14443648-Analisis-de-la-sostenibilidad-de-43-sistemas-de-agua-en-el-area-rural-de-honduras-1.html>.
- Desarrollo Socioeconómico y Ambiente de Zamorano. (2004). *Análisis de la sostenibilidad de 43 sistemas de agua en el área rural de Honduras*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/foro4/22Honduras.pdf>.
- Erskine Canelo, G. (2016). Fundamentos de la administración 2016 (1er parte). Obtenido de :
<http://www.slideshare.net/AlejandroGomez187/fundamentos-de-la-administracin-2016-1er-parte-59657321>.
- Espinoza, Y., & Talavera, D. (Octubre de 2013). La organización comunitaria para el abastecimiento de agua de consumo humano de la comarca La Grecia 2012-2013. Managua, Nicaragua.

- Fandiño, M. (2014). *Comites de Agua Potable y Saneamiento Organización y experiencias en zona seca*, 1,18 -19.
- Fandiño, M. (2014). *Comites de Agua Potable Orgnizacion y Experiencias en Zona Secas*, 1, 7- 13.
- FAO - AQUASTAT. (2013). Obtenido de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/NIC/printesp1.stm.
- Fernandez, E. (2010). *Administracion de Empresas*. Madrid, España: Paraninfo , S.A.
- Fernandez, J. (2010). *Compendio de Energia Solar: Foltovoltaica, Termica y Termoelectrica*. Madrd: Ediciones Mundi-Prensa.
- Franzini, J., & Finnemore, J. (1999). *Mecánica de Fluidos con Aplicaciones en Ingenieria*. Madrid: McGraw- Hill.
- Gaceta Diario Oficial No. 32. (Febrero de 2014). *Constitucion Politica de la Republica*. Managua, Managua, Nicaragua.
- Geilfus, F. (1997). *80 Herramientas para el Desarrollo Participativo*. San Salvador , El Salvador: EDICPSA.
- Gentile, H. U. (13 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://es.slideshare.net/ulisesgentile/estado-y-nacin-conceptos-diferencias>.
- GRUN . (08 de Noviembre de 2012- 2016, p.69). Obtenido de <http://www.pndh.gob.ni>.
- GRUN. (2012-2016). *Plan Nacional de Desarrollo Humano*. Managua, Nicaragua.
- GRUN. (2012-2016). *Plan Nacional de Desarrollo Humano* . Managua, Nicaragua.
- GRUN. (2012-2016). *Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH)*. *PNHD*. Managua, Managua, Nicaragua.
- Grundfos. (2014). www.grundfos.com.
- Hernández Sampieri, R., Fernandez , C. C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Interamerica Editores S.A de C.V.
- Hernandez, W. A., & Flores, Y. (2014). *Evaluación de un sistema de Bombeo de Agua con Energía Solar Fotovoltaica para las comunidades del sector de de el Sontule, Ubicada en el area protegida de Mirafior en Estelí Nicaragua*.
- Hitt, M., Black, S., & Porter, W. (2006). *Administracion* (1 ed.). Mexico: Hal, Person Practice. Obtenido de <http://librosgratisparaeluniversitario.blogspot.com/2014/01/administracion-michael-hitt-j-stewart.html>

- Ibercotec, Asdenic. (2013). *Síntesis de la Ley Especial de los Comite de Agua Potable y Saneamiento*. Managua, Nicaragua: Asdenic.
- Imre, L., & Mujumbar, A. (2006). *Handbook of Industrial Drying*. Estados Unidos de America: Taylor & Francis LLC.
- INAA. (Junio de 2000). *NTON 09 003-99*. Obtenido de http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/INAA/0013/13%20Norma%20TecnicaDiseno%20Ay%20OP.pdf.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAIE. (2009). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica.*, (pág. 39). Madrid.
- Jellinek, G. (1998). *Teoría Genral del Estado*. España, España: S.L. FONDO DE CULTURA ECONOMICA DE ESPAÑA.
- Joachin Barrios, C. d. (Junio de 2008). http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1079_Q.pdf.
- Kisnerman, N. (1990). *Teoría y Práctica del Trabajo Social*. Buenos Aires: HVMANITAS.
- Koontz, H., & Heinz, W. (1998). *Administracion: Una Pertectiva Globa*. Mexico: Mcgraw- Hill.
- Kreisman, R. (2010). CAPS Por el Agua, con la Comunidad. *Envío Digital*.
- Kreisman, R. (2010). CAPS Por el Agua, con la Comunidad. *Envío Digital*.
- L.Mott, R. (2006). *Mecanica de fluidos* (Sexta ed.). México, México: PRENTICE- HALL INC.
- Latorre, J., Dario, L., Fernandez, J., Rojas, J., Bastida, S., & Vargas, S. (Febrero de 2003). *Analisis de Sostenibilidad en Sistemas de agua y Saneamiento 43 proyectos en zonas rurales de Nicaragua*. Managua: Feriva S.A. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/foro4/22Honduras.pdf>.
- Light, D., Keller, S., & Calhoun, C. (1991). *Sociología* (Vol. 5). Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA , S.A.
- Magaña, J. M. (2011). *Master en Energía para el Desarrollo Sostensible*. Universidad Politécnica de Catalunya, Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción, Universidad Nacional de Asunción, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (FAREM).
- Maldonado Nogales, P. (4 de 11 de 2011). Obtenido de <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2012/02/19.REPRESENTACION-GRAFICA-DE-LA-POSICION-SOLAR-Y-UNA-SUPERFICIE-DADA-PARA-LA-CIUDAD-DE-COCHABAMBA.pdf>.
- Meah, K., Ula, S., & Barrett, S. (2006). Solar photovoltaic water pumping—opportunities. *ELSEVIER*, 14.

- Muñoz Abella, B. M. (2014). Mantenimiento Industrial. *Docencia Universidad UC3M*, (pág. 48). Madrid.
- NASA. (2016). Obtenido de [://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?s1#s1](http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?s1#s1).
- Ocaña, J. L. (2104). Obtenido de <http://www1.upme.gov.co/sgic/sites/default/files/Bombeo%20Solar%20Taminango.pdf>.
- OMS. (Febrero de 2012). *Guía de Mantenimiento*. Obtenido de <http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s21566es/s21566es.pdf>.
- OMS. (2012). *Progresos sobre el Agua potable y Saneamiento*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2012/fast_facts/es/.
- OMS. (2016). Obtenido de <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/water/es/>.
- OMS- UNICEF. (2007). *meta de los ODM relativa al agua potable y el saneamiento, el reto del decenio para zonas urbanas y rurales*. SUIZA: Organización Mundial de la Salud y UNICEF, 2007.
- ONU. (Septiembre de 2003). Obtenido de <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>.
- Poder Ejecutivo. (Diciembre de 2003). Ley 475 - Ley de Participacion Ciudadana. *Gaceta Diario Oficial No.241*.
- Poder Ejecutivo. (Diciembre de 2003). Ley No. 475, Ley de Participación Ciudadana. *Ley de Participación Ciudadana y su Reglamento*.
- Poder Ejecutivo. (16 de Febrero de 2004). Ley 475 - Ley de Participación Cuidadana. *Gaceta Diario Oficial No. 241*.
- Poder Ejecutivo. (15 de Mayo de 2007). Ley No. 620 - Ley General de Aguas . *Gaceta Oficial*.
- Poder Ejecutivo. (2010). *Decreto No. 50-210*. Obtenido de https://www.google.es/search?q=funcion+de+Iso+AMUS+MUNICIPALISMO+BNICARAGUA&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=lh4aV_rEHcysafPjhugC#q=RELACION+MUNICIPALIDADES+Y+CAPS+NICARAGUA.
- Poder Ejecutivo Decreto No. 50-2010. (14 de Junio de 2010). LEY 722- Ley Especial de Comites de Agua Potable y Saneamiento - CAPS. *Gaceta No. 169*, pág. 6.
- Poder Ejecutivo Decreto No. 50-2010. (s.f.). LEY 722- Ley Especial de Comites de Agua Potable y Saneamiento - CAPS. *Gaceta No. 169*, pág. 6.
- Poder Legislativo. (16 de Febrero de 2004). Reglamento de la Ley No. 475 - Ley de Participacion Ciudadana. *Gaceta*.

- Poder Legislativo. (15 de Mayo de 2007). *Ley. 620 Ley General de Aguas Nacionales*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28\\$All%29/C0C1931F74480A55062573760075BD4B](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28$All%29/C0C1931F74480A55062573760075BD4B).
- Poder Legislativo. (14 de Junio de 2010). Ley 722 - Ley Especial de Comites de Agua Potable y Saneamiento. *Gaceta Diario Oficial No. 111*, pág. 5.
- Poder Legislativo. (19 de Mayo de 2010). *Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/%28\\$All%29/A63305B993CDDDB210625775F0069E8B3?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/%28$All%29/A63305B993CDDDB210625775F0069E8B3?OpenDocument).
- Posorky, R. (1996). "Photovoltaic water pumps, an attractive tool for rural drinking water supply". *Solar Energy*, 58, 155-163.
- Reyes, A. P. (Octubre de 2008). *Planeación*. Obtenido de <https://berents.files.wordpress.com/2008/10/planeacion.pdf>.
- Sandia National Laboratories (SNL). (2001). Guia para el Desarrollo de Proyectos de Bombeo de agua con Energía Fotovoltaica . 1, 36.
- Santiago Arnalich. (2008). *La instalacion de un sondeo*.
- Scanlan, B. .. (Octubre de 2008). *Planeación*. Obtenido de <https://berents.files.wordpress.com/2008/10/planeacion.pdf>.
- Slinger, R. I. (Diciembre de 2015). Modelo de gestion de talento Humano basado en la provision para la contratatcion de personal ejecutivo y profsional en la Funadacion Centro nacional de medciona Popular tradicional FCNMPT Estelí 201-2015. Estelí, Nicaragua.
- Solanes, M., & Gonzalez, F. (1996). *Evaluacion Comparativa de Ordenamientos Instituciones y Legales para uan Gestion Integrada del Agua*. Obtenido de <http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/Tac3s.pdf>.
- Soteris, K. (2009). *Solar Energey Engenieering*. San Diego California: Elsevier Inc.
- Stoner, J. A., Freeman, E., & Gilbert, D. R. (1996). *Administración*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- Tecnosol. (2011). Sistema de Bombeo. *Tecnosol energía en sus manos*, 1.
- udep, B. (2001). Obtenido de http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/libro/pdf/1_48_204_13_360.pdf.
- UNICEF. (2010). El derecho humano al agua y al saneamiento. *El derecho humano al agua y al saneamiento*, 1.

UNICEF, ASDI. (2004). *De Agua Zarca a Agua Clara*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2014, de http://unicef.org.ni/media/publicaciones/archivos/Aguazarca_SP.pdf.

Vilela;O.C. (2001). *Caracterización y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos de abastecimiento de agua*. Recife, Brasil .: Programa de Post .graduado en tecnologías energéticas Nucleares (PROTEM - DEN/ UFPE).

Zapata Cortés , O. L. (2014). Obtenido de <http://www.escuelagobierno.org/inputs/Elementos%20conceptuales%20sobre%20Políticas%20Publicas.pdf>.

Zavala, J. M. (Agosto de 2016). *Tesis sobre Organización y Gestión Comunitaria del Agua para Uso Doméstico*. Palacaguina.

ANEXOS

Anexo 1.

Guía de Observación Participante - Sistemas de Bombeo en Comunidades Rurales

Objetivo: Valor el nivel participación de las personas en la toma de decisiones para el manejo de los sistemas de bombeo administrados por los comités de agua potable.

I. DATOS GENERALES DE LA COMUNIDAD DE ESTUDIO

1.1 Nombre de la comunidad:

1.2 Ubicación geográfica:

1.3 Nombre del investigador:

1.4 Institución a la que pertenece el investigador:

II. DESARROLLO.

FECHA:

SUJETOS CLAVES:

DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS RELEVANTES:

Anexo 2.

ENCUESTA

No: _____

DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO

INVESTIGACIÓN:

Encuesta para usuarios del Sistema de Abastecimiento de Agua potable a través de Sistemas Fotovoltaicos en Comunidades Rurales.

Introducción

El siguiente instrumento (encuesta), tiene como fin conocer aspectos relacionados con el nivel de gestión, organización y funcionamiento del Sistema de Bombeo fotovoltaico de la comunidad, el cual es administrado por el Comité de Agua Potable. Por lo que de la manera más atenta se le solicita por favor responder de forma objetiva a cada una de las preguntas que se le realizan dado que son de mucha importancia para el análisis de este estudio.

I. DATOS GENERALES

1.1. Fecha de encuesta: ____/____/____

1.2 Comunidad: _____

1.3 Sexo: Hombre () ; Mujer ()

1.4 Edad: _____ (años)

1.5 Tiempo de vivir en la comunidad: _____(años)

1.6 Sabe leer y escribir: 1. Si () ; 2. No ()

1.7 Cuál es su nivel académico grado más alto que aprobó:

1. Ninguno () ; 2. Alfabetizado y/o Educación de adultos () ; 3. Primaria () ; 4. Secundaria () ; 5. Técnico medio () ; 6. Técnico superior () ; 7. Universitario () .

1.8 Ocupación: 1. Agricultor: ____ ; 2. Comerciante: ____ ; 3. Trabajador Estatal: ____ ; 4. Ama de casa: ____ ; 5. Profesor: ____ ; 6. Estudiante: ____

I. INFORMACION ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ORGANIZACIÓN Y GESTION DEL CAPS.

1. ¿Sabe qué son los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS)?

1. Si: () ; 2. No: ()

2. ¿Usted participa en las reuniones que realizan los CAPS en la Comunidad?

1. Si: () ; 2. No: ()

3. ¿De qué manera participa con el CAPS?

1. Aportas ideas para mejoras: () ; 2. Aporta mano de obra: () ; 3. Realiza donación: () ;

4. ¿Valora usted que su CAPS trabaja de forma organizada?
 1. Sí: (); 2. No: ()
5. ¿Sabe usted si el CAPS tiene un plan de trabajo definido por mes o por año?
 1. Sí: (); 2. No: ()
6. ¿Cómo valora usted el nivel de gestión que realiza el CAPS ante otras instancias como ALCALDIA, MINSA, INAA y ENACAL?
 1. Mala: (); 2. Regular: (); 3. Buena: (); 4. Muy Buena: (); 5. Excelente: ()
7. ¿Sabe usted cada cuánto se realizan elecciones de junta directiva del CAPS?
 1. Sí: (); 2. No: ()
8. ¿Podría mencionar los cargos de las personas que usted conoce y que forman parte de la Junta directiva del CAPS.?
 1. Presidente (a): (); 2. Vicepresidente (a): (); 3. Tesorero(a): (); 4. Fiscal: (),
 5. Secretaria: (); 6. Vocal: (); 7. Higiene: (); 8. Mantenimiento: (), 9. Brigadista de Higiene: ()
9. ¿Cree usted que la composición por género en la Junta directiva del CAPS es?:
 1. Mala : (); 2. Regular: (); 3. Buena: (); 4. Muy Buena: (); 5. Excelente: ()
10. ¿Cada cuánto se reúne el CAPS con la comunidad?
 1. Mensual: (); 2. Trimestral: (); 3. Semestral: ()
11. ¿Sabe si los CAPS reciben capacitación y actualizaciones para el manejo del sistema?
 1. Sí: () 2. No: ()
12. ¿Cómo considera el trabajo realizado por los CAPS?
 1. Malo: (); 2. Regular: (); 3. Bueno: (); 4. Muy Bueno: (); 5. Excelente: ()
13. ¿Considera usted que el CAPS, trabajan efectivamente por el bien común de la comunidad?
 1. Sí: (); 2. No: ()

II. ASPECTOS RELACIONADOS AL SISTEMA DE BOMBEO COMUNITARIO.

1. ¿Qué grado de satisfacción tiene usted con relación al servicio de distribución de agua potable de su comunidad?
 1. Malo: (); 2. Regular: (); 3. Bueno: (); 4. Muy Bueno: (); 5. Excelente: ()
2. ¿Considera importante que exista un sistema de bombeo de agua a través de energía solar fotovoltaica?
 1. Sí: (); 2. No: ()
3. ¿Usted utiliza el agua de suministro de la red para consumo y saneamiento de su hogar?
 1. Sí: (); 2. No: ()

4. En su hogar. ¿qué usos le da al agua que se suministra a través de la red?
1. Higiene personal: () ; 2. Aseo del Hogar: () ; 3. Riego: () ; 4. Otro Especifique: ()
5. ¿Cuántas horas al día cuentan con servicio de agua?
Hrs.: ____
6. ¿Cuánto es su consumo mensual de agua en m³?
Consumo: ____
7. ¿Cuántas personas habitan en este hogar?
No: ____
8. ¿Usted realiza su pago de tarifa de agua de forma puntual?
1. Sí: () ; 2. No: ()
9. ¿Considera usted que la cuota que paga es suficiente para el mantenimiento de su sistema de agua potable?
1. Sí: () ; 2. No: ()
10. ¿Usted realiza uso racional del Agua?
1. Sí: () ; 2. No: ()
11. Mencione que medidas de ahorro implementaría en su hogar para el uso racional del agua.

12. ¿Cómo valora el mantenimiento que se realiza al sistema de agua potable de su comunidad?
1. Malo: () ; 2. Regular: () ; 3. Bueno: () ; 4. Muy Bueno: () ; 5. Excelente: ()
13. ¿De los siguientes componentes del sistema de Bombeo cuales conoces?
1. Pozo: () ; 2. Paneles Solares: () ; 3. Pila de Almacenamiento: () , 4. Medidores de Consumo agua: ()

III. ASPECTOS DE MEDIO AMBIENTE.

1. Conoce usted si el entorno donde está la fuente de agua de bombeo FV, está reforestado.
1. Sí: () ; 2. No: ()
2. Considera usted que el estado de la conservación del bosque en la comunidad es:
1. Mala: () ; 2. Regular: () ; 3. Buena: () ; 4. Muy Buena: () ; 5. Excelente: ()

3. ¿Conoce qué actividades realiza el CAPS, con los beneficiarios para garantizar que exista disponibilidad de agua en el pozo?

Sí: () ; 2.No: ()

Si es “Sí”, por favor mencione algunas:

- _____
- _____
- _____

4. Considera que las lluvias han disminuido o han aumentado en relación a años anteriores.
1. Disminuido: () ; 2. Aumentado: ()
5. Considera usted que el cambio climático es un factor determinante en el comportamiento de las precipitaciones.
1. Sí: () ; 2. No: ()
6. Cree usted que el aumento o disminución de las precipitaciones debidas al cambio climático tienen relación directa con el factor de disponibilidad del agua en el manto acuífero.
1. Sí: () ; 2. No: ()

IV. ASPECTOS DE HIGINE Y SALUD.

1. ¿Sabe si el MINSA o el ENACAL supervisan y hacen control (de calidad, análisis físico-químicos y bacteriológicos) del agua de consumo?
1. Sí: () ; 2. No: ()
2. ¿Sabe si ENACAL como institución apoya a la comunidad en la parte técnica del MABE?
1. Sí: () ; 2. No: ()
3. ¿Conoce si en la comunidad existe una persona formada como brigadista de salud para garantizar la calidad del agua?
1. Sí: () ; 2. No: ()
4. ¿Cómo considera la calidad del agua del sistema?
1. Mala: () ; 2. Regular: () ; 3. Buena: () ; 4. Muy Buena: () ; 5. Excelente: ()
5. ¿Sabe si existe un sistema de cloración para el agua del sistema?
1. Sí: () ; 2. No: ()
6. ¿Piensa usted que alguna vez ha presentado un malestar al consumir agua del sistema?
1. Sí: () ; 2.No: ()
7. ¿Usted o algún miembro de su familia ha presentado alguna incidencia de diarrea al menos dos casos trimestrales?

1. Sí: (); 2.No: ()

8. ¿Ha presentado enfermedades en la piel?
 1. Sí: (); 2.No: ()

9. ¿En qué almacena el agua para tomar?
 1. Tinaja de barro: (); 2. Bidones: (); 3. Sistemas de filtrado: ()

10. ¿Qué tipo de servicios sanitarios tiene?
 1. Letrinas: (); 2.Inodoros: ()

11. ¿En qué estado se encuentra el servicio sanitario?:
 1. Malo: (); 2. Regular: (); 3. Bueno: (); 4. Muy Bueno: (); 5. Excelente: ()

Anexo No.2

HERRAMIENTAS PARTICIPATIVAS

GRUPO FOCAL DE LOS COMITÉS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO.

Objetivo: Lograr un intercambio de opiniones respecto al proceso organizativo de los CAPS y su relación con las entidades relacionadas con el manejo del agua.

ACTIVIDADES:

LLUVIAS DE IDEAS. (Participación de los integrantes de la Junta directiva)

1. ¿Antes de conformar el CAPS como era la gestión del agua en la Comunidad?
2. ¿Cómo surge la necesidad de constituirse en un CAPS?
3. ¿Cuándo se constituyeron como un CAPS?
4. Existía algún tipo de apoyo institucional hacia la comunidad relacionado con el agua.
5. Luego de constitución del CAPS que beneficios o ventajas han obtenido ¿Cuáles por ejemplo?
6. ¿Cuáles son algunas dificultades han tenido que enfrentar como CAPS? Línea de tiempo

LINEA DE TIEMPO/HISTORIA SOCIAL (En un paleógrafo)

AÑO	ACONTECIMIENTO	COMENTARIOS

DIAGRAMA DE VEEN/ ORGANIZACIÓN Y PROCESOS ADMINISTRATIVOS (Diagrama de organizaciones internas y externas que se relacionan con el CAPS)

Como se relaciona organizacionalmente el CAPS con el entorno interno y externo.

• **Procesos administrativos.**

1. El CAPS realiza algún sistema de planificación para realizar las tareas?
2. ¿Cómo funciona el proceso de dirección dentro del CAPS?
3. ¿Pueden describir el proceso de organización que tiene el CAPS?
4. ¿Cuáles son las funciones de cada uno de ustedes realiza dentro del CAPS para llevar a cabo el Proceso de control dentro del CAPS?

- **Preguntas directrices**

1. ¿Qué cargos ocupan las mujeres en la Junta Directiva?
2. ¿Porque es importante que las mujeres participen en la Junta directiva del CAPS?
3. ¿Llevan un control sobre los reportes de la calidad del agua que realiza el ENACAL?
4. ¿Existe alguna experiencia sobre el intercambio de conocimiento con otros CAPS?
5. ¿Han sido capacitados para asumir sus funciones en la Junta Directiva del CAPS y quienes se han formado?
6. ¿Quiénes están involucrados en el proceso de gestión del CAPS con entidades como Alcaldía, ENACAL, MINSA, entre otros?
7. ¿Qué tipo de gestiones comunitarias normalmente realizan y ante que instancias?
8. ¿Qué actividades han realizado para la conservación forestal de la fuente de agua?
9. ¿Considera que la Comunidad les apoya en el uso y manejo eficiente del agua?
10. ¿Han tenido problemas u conflictos relacionados al uso del agua y como los han resuelto?
11. ¿Cuáles son las medidas de ahorro que han tomado en la comunidad para conservación de la fuente de agua?

LISTADO DE ABREVIATURAS

ASDI:	Agencia Sueca de Desarrollo Internacional
ACDI:	Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional
AWP:	Organización Mundial del Agua
BSFV	Bombeo Solar Fotovoltaico
CAPS:	Comités de Agua Potable y Saneamiento
CDT:	Carga Dinámica Total
CH:	Ciclo Hidráulico
CM:	Captación de Manantial
CINARA:	Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua y Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico
COSUDE:	Cooperación Suiza para el Desarrollo
EH:	Energía Hidráulica
ENACAL:	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
ECODES:	Ecología y Desarrollo
FISE:	Fondo de Inversión Social
FV:	Fotovoltaico
FAREM:	Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí
GRUN:	Gobierno de Unidad y Reconciliación Nacional
GCFV:	Gabinete de la Familia Comunidad y Vida
INAA:	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
MABE:	Mini acueducto por Bombeo Eléctrico
INIFOM:	Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal
INAFOR:	Instituto Nacional Forestal
MINSA:	Ministerio de Salud
MAG:	Mini Acueducto por Gravedad
MARENA:	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales

NDA:	Nivel Dinámico del Agua
NEC:	Código Eléctrico Nacional
NTON:	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
NFPA:	National Fire Protection Association
NEMA:	National Electrical Manufacturers Association
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONG:	Organismos no Gubernamentales
ONU:	Organización de Naciones Unidas
PEEBM:	Pozo excavado, equipado con bomba de mano
PNDH:	Plan Nacional de Desarrollo Humano
PP:	Pozo Perforado
SBFV:	Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico
UMAS:	Unidad Municipal de Agua y Saneamiento
UNICEF:	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UTM:	Unidad Técnica Municipal



Fotos No.1, 2 y 3 – Trabajo de medición de niveles de agua del pozo de la comunidad El Limón Estelí.



Foto No.4 - Sistema de generación de energía fotovoltaica comunidad el Lagartillo Achupa León



Fotos No 5 y 6 - Medición de corriente del SFV e irradiancia en la comunidad El Limón



Foto No.7 - Encuesta comunidad el Limón Estelí



Foto No.8 - Realización grupo focal comunidad El Limón



Foto No. 10 - Pozo perforado a mano del Lagartillo Achuapa departamento de León – Nicaragua



Foto No. 9. Puesto de Distribución de agua y sistema fotovoltaico comunidad El Lagartillo