



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, FAREM- ESTELI

Sistema de bombeo solar fotovoltaico para extracción de agua de estanque y su utilización para riego en la finca Santa Cruz, de la comunidad Santa Cruz, Estelí.

**Trabajo Monográfico para optar
al grado de
Ingeniero en Energías Renovables**

Autores:

Br. Jorge Luis Canales Urrutia.

Br .Geisell Liseth Martínez Castillo.

Br. Noé Rodolfo Olivás Reyes

Tutor:

MSc. Juan Alberto Betanco Maradiaga.

Estelí, Febrero 2020



Resumen

El agua es un elemento imprescindible para la supervivencia del ser humano y ecosistemas, es vital para la producción agrícola y seguridad alimentaria, lamentablemente hoy en día el acceso al vital líquido, es muy complejo en muchas regiones en donde la disponibilidad de energía proveniente de la red eléctrica es limitada; los sistemas de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica han venido a solucionar estas problemáticas, por medio de la extracción de agua, la presente investigación tiene por objetivo general presentar la propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para extracción de agua de un reservorio en donde se capta el agua de lluvia para su utilización final en el riego de cultivos, sistema para el cual se analizó el beneficio económico y ambiental que genera el proyecto, se hizo necesario un muestreo no probabilístico, de carácter discrecional o intencional, en la cual los sujetos son elegidos para formar parte de la muestra con un objetivo en específico, en este caso se eligió finca Santa Cruz ya que cuenta con características o criterios de mucha importancia para llevar a cabo esta investigación, a través del estudio de los parámetros permitió a los investigadores conocer más a fondo el funcionamiento del sistema de riego en la finca, en donde se pudo concluir que a través del bombeo solar fotovoltaico propuesto para extracción de agua de estanque se cubren las necesidades requeridas para el riego de agua de cultivos de dicho lugar, mejorando la calidad de producción y por ende mejoras económicas.

Palabras Claves: Agua, Reservorio, Bombeo solar fotovoltaico, Riego.

ABSTRAC

Water is an essential element for the survival of human beings and ecosystems, it is vital for agricultural production and food security, unfortunately today access to the vital liquid is very complex in many regions where the availability of energy from of the power grid is limited; The pumping systems using photovoltaic solar energy have come to solve these problems, through the extraction of water, this research has as a general objective to present the proposal of a photovoltaic solar pumping system for water extraction from a reservoir where it captures rainwater for final use in crop irrigation, a system for which the economic and environmental benefit generated by the project was analyzed, a non-probabilistic sampling of a discretionary or intentional nature was necessary, in which the subjects They are chosen to be part of the sample with a specific objective, in this case Santa Cruz farm was chosen since it has characteristics or criteria of great importance to carry out this research, through the study of the specific parameters to the researchers learn more about the operation of the irrigation system on the farm, where it was concluded Through the photovoltaic solar pumping proposed for the extraction of pond water, the needs required for the irrigation of crops from that place are covered, improving the quality of production and economic improvements.

Keywords: Water, Reservoir, Photovoltaic solar pumping, Irrigation.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

DIOS por ayudarnos a salir adelante a pesar de las difíciles circunstancias presentadas en el camino, gracias por cuidarnos y darnos fortaleza para continuar. “Así que no temas porque yo estoy contigo, no te angusties porque yo soy tu Dios. Te fortaleceré y te ayudare; te sostendré con mi diestra victoriosa”, Isaías 41:10.

Padres, por ser ejemplares, únicos, dignos de admiración y respeto, amigos y confidentes; sin duda alguna seguirán siendo un pilar muy importante en todo momento, gracias por depositar su entera confianza en cada uno de los retos presentados a lo largo de este tiempo, los amamos.

Esposos/as por acompañarnos en buenos y malos momentos, por querernos a pesar de las dificultades y por darnos ánimos cuando más lo necesitábamos, sobre todo por instarnos a creer en nosotros mismos y motivarnos para seguir adelante en cada una de las metas.

Al tutor MCS. Juan Alberto Betanco y a la encargada de la carrera MCS. Silvia Arróliga, por ser los únicos en creer en nosotros y brindarnos su ayuda incondicional a lo largo de la carrera y aún más en este proceso de culminación.

Con mucho amor,

Jorge Luis Canales, Geisell Liseth Martínez, Noé Rodolfo Olivas Reyes

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	8
II. ANTECEDENTES	10
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3.1. Delimitación del problema	12
3.2. Formulación del problema.....	13
3.3. Sistematización del problema.....	13
IV. JUSTIFICACIÓN	14
V. OBJETIVOS	15
5.1. Objetivo general	15
5.2. Objetivos específicos	15
VI. MARCO TEÓRICO	16
6.1. Fuente de agua.....	16
6.2. Captación de agua de lluvia.....	16
6.3. Reservorios para cosecha agua	17
6.4. Energías Renovables	17
6.4.1. Clasificación de energías renovables.....	18
6.5. Energía solar.....	20
6.5.1. Tipos de radiación solar.....	21
6.5.2. Ángulos de radiación solar	22
6.6. Energía Solar Fotovoltaica (FV)	22
6.7. Aplicaciones de la energía solar Fotovoltaica en la actualidad	23
6.7.1. Energía solar para uso doméstico	23
6.7.2. Energía solar para aplicaciones térmica	23
6.7.3. Energía solar para Bombeo	24
6.8. Clasificación de los sistemas solares fotovoltaicos según sus elementos y utilidad.	24
6.8.1. Sistemas fotovoltaicos independientes	24
6.8.2. Sistema mixto de generación de energía	25
6.8.3. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución eléctrica	25
6.9. Sistemas de Bombeo de solar Fotovoltaico.....	26
6.10. Componentes de un sistema de bombeo solar fotovoltaico.....	27
6.10.1. Generador fotovoltaico.....	27
6.10.2. Bomba	28

6.11.	Controlador.....	29
6.12.	Configuración de los Paneles Solares.....	29
6.13.	Orientación y ángulos de los paneles solares	29
6.14.	Orientación de las superficies inclinadas	29
6.15.	Variables que intervienen en el funcionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico	30
6.16.	Factores que afectan el rendimiento de los paneles solares.....	30
6.17.	Dimensionado del sistema de bombeo solar.....	31
6.18.	Tipos de mantenimiento a los sistemas	33
6.19.	TIR y BAN	34
6.20.	Emisiones de CO2.....	34
6.20.1.	Datos de la Actividad	35
6.20.2.	Factor de Emisión (tCO2/TJ)	35
6.20.3.	Factor de Oxidación	35
	VII. HIPÓTESIS.....	36
7.1.	Variable independiente.....	36
7.2.	Variable dependiente.....	36
	VIII. DISEÑO METODOLÓGICO	38
8.1.	Tipo de estudio	38
8.2.	Área de estudio.....	38
8.2.1.	Ubicación geográfica.....	38
8.3.	Área de conocimiento.....	39
8.4.	Población o universo	39
8.5.	Muestra.....	39
8.6.	Técnicas de recolección de datos	39
8.6.1.	Observación.....	39
8.6.2.	Datos primarios	40
8.7.	Procedimientos para la recolección de datos y resultados.....	40
	IX. CONCLUSIONES	53
	X. RECOMENDACIONES	54
	BIBLIOGRAFIA	55
	ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de energías renovables.	19
Tabla 2. Cuadro de variables	36
Tabla 3. Datos para la elección de la bomba	37
Tabla 4. Características de la bomba seleccionada	45
Tabla 5. Rango de voltaje de la bomba	47
Tabla 6. Característica de los paneles solares a instalar	49
Tabla 7. Tasa de interés e inversión inicial del proyecto.....	51
Tabla 8. Calculo de reducción de CO2 con la implementación del proyecto.....	52
Figura 1. Mapa de la ubicación de la finca Santa Cruz	43
Figura 2. Representación grafica del reservorio ubicado en la finca Santa Cruz	41
Figura 3. Capacidad de almacenamiento del reservorio construido	43
Figura 4. Vista de planta del reservorio.....	43
Figura 5. Curva característica de la bomba	46
Figura 6. Radiación solar.....	48
Figura 7. Arreglo solar fotovoltaico en serie.....	50
Figura 8. Diseño final de sistema de bombeo propuesto.....	50
Figura 9. Calculo de TIR y VAN	51
Figura 10. Estanque de captación de agua.....	58
Figura 11. Observación del sistema de captación	58
Figura 12. Medición del sistema de captación	58

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento importante para el desarrollo de la vida humana, animal y vegetal en el planeta y su disponibilidad es factor importante para el desarrollo ecológico, industrial, económico y social de cualquier país, la mayoría de sistemas empleados para bombear el vital líquido son rústicos y accionados por combustibles que consumen grandes cantidades del mismo, debido a que utilizan bombas de baja eficiencia lo que dificulta a los agricultores el buen manejo del recurso. Los sistemas de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica han venido a solucionar estas problemáticas, esto por medio de la extracción de agua tanto para el consumo humano como para riego de cultivos y ganadería, especialmente en zonas aisladas donde muchas veces el acceso a la red eléctrica es complicado y con costes elevados.

La comunidad de Santa Cruz es una de las comunidades de la ciudad de Estelí que sufre de esta problemática por la falta de acceso al agua, tanto para consumo humano como para riego, así como también la falta de energía eléctrica en alguna de sus zonas, tal como es el caso de la finca que lleva por nombre Santa Cruz, finca agrícola en la que se produce hortalizas, rosas y legumbres, pero lamentablemente se ha visto afectada por no haber acceso a ninguno de los servicios mencionados anteriormente por lo cual se tienen pérdidas en los cultivos y por ende pérdidas económicas.

Es por ello que este trabajo se enfoca en brindar una solución viable, que permita al agricultor emplear un sistema que brinde mejoras en el riego de sus cultivos a través de la extracción de agua de reservorios para su utilización en el riego de cultivos, lo que ayudara a reducir el costo que traería consigo un proyecto convencional, así como también a obtener mejoras en el rendimiento de su producción evitando tener pérdidas, utilizando dos fuentes de gran importancia limpias e inagotables, como lo es el sol y el agua de lluvia, fuentes renovables.

Además de los beneficios antes mencionados, es importante destacar las ventajas que este tipo de proyecto trae para el medio ambiente, ya que la cosecha de agua es una técnica innovadora de mucha utilidad en estos tiempos en donde el agua es cada vez más escasa, sobre todo en las zonas agrícolas en donde los agricultores están expuestos a grandes pérdidas en la cosecha de sus cultivos debido a la falta del vital líquido, es por eso que la captación de agua de lluvia es una solución más viable para obtener agua de manera natural, luego la extracción de esta a través de la energía solar es uno de los sistemas más limpios que nos provee, ya que al contrario de los combustibles fósiles

estos no emiten gases de efecto invernadero y funcionan con sistemas silenciosos por lo que no hay contaminación del ruido, es por todo esto que es de gran valor realizar estudios enfocados en reducir el impacto de los combustibles fósiles, utilizando fuentes renovables como lo es la energía solar.

II. ANTECEDENTES

Para llevar a cabo este proyecto se realizaron búsquedas documentales que se relacionaran al tema de estudio, siendo más relevantes para esta investigación, las que se presentan a continuación:

(Rivas & Blandón, 2014), en su tesis, “Estudio de pre inversión de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del municipio de Jinotepe”, presenta el diseño de un proyecto de energía fotovoltaica con características de viabilidad para el bombeo de agua, en donde concluye explicando los beneficios de este tipo de sistemas en comparación con los sistemas convencionales.

(Peralta, 2016), en su trabajo de maestría: “Modelo de evaluación integral sostenible para los sistemas de bombeo solar fotovoltaicos en comunidades rurales: El limón y El lagartillo”, realizó evaluaciones a dos sistemas de bombeo fotovoltaico de agua, el documento presenta además de los aspectos de gestión y organización de los Comité de agua potable y saneamiento (CAPS), así como también los aspectos técnicos necesarios para el estudio de este tipo de sistemas.

(Arceda & Hernandez, 2012), en su tesis “Proyecto de riego por goteo utilizando energía solar para el cultivo del aguate en la finca Ojo de agua San Francisco Libre, da a conocer los parámetros a tomar en cuenta en la realización de proyectos para riego de cultivo, así también establece el dimensionado de un sistema solar fotovoltaico y concluye presentando los datos obtenidos a través de dicho estudio en donde muestran que la fuente de agua utilizada es apta para el riego y que la energía obtenida del sistema fotovoltaico es una solución viable del riego en el lugar.

Según (Dávila & Centeno, 2017), en su tesis, “Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la comarca Ato viejo San Nicolás que tuvo por objetivo general dimensionar dicho sistema para la finca Concepción, en donde dieron a conocer a través del análisis financiero la rentabilidad de su propuesta así como también dan a conocer los parámetros a realizarse en este tipo de proyecto, en conclusión nos muestran que es rentable y confiable la utilización de la energía solar como alternativa para la extracción de agua para riego.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los parámetros para medir la calidad de vida de una sociedad son los servicios básicos con los que cuentan sus pobladores. Dos de los principales servicios son el agua potable y la energía eléctrica. A pesar de la importancia de estos servicios muchas personas a nivel mundial no cuentan con alguno de ellos y en ocasiones con ninguno de los dos, se dice que el agua y la energía son dos recursos escasos, esenciales para la vida e indispensables para la producción.

Según la (ONU, 2019) a pesar de los avances recientes más de 2000 millones de personas todavía carecen de servicios básicos de agua y saneamiento y más de 2.000 millones (el 40% de la población mundial), depende aun de la leña, el carbón y los residuos animales para iluminarse y cocinar sus alimentos. La falta de agua y energía ocupan un lugar destacado entre las causas reconocidas de la pobreza y el atraso.

Según el estudio de la asociación mundial para el agua (GPW, 2017), reporto que Nicaragua tenía un 89% de cobertura de agua potable y 68% de saneamiento entre el año 2008 y 2012, mientras que ENACAL (Empresa Nicaragüense de Acueductos y alcantarillado), por medio de un examen exhaustivo comprobó que apenas el 60% de la población tenía acceso al vital liquido, en el campo la cobertura era menor al 50% y no de 65% a como estableció el organismo internacional.

Mediante estos estudios se puede deducir que más de la mitad de los habitantes que residen actualmente en el país carecen de agua potable, tanto en el sector urbano, como en el rural, es importante señalar que esta problemática provoca pérdidas económicas en el rubro agrícola puesto que no hay suficiente recurso para el consumo humano diario, mucho menos para abastecer el sector agrario.

Actualmente en la ciudad de Estelí, específicamente en las comunidades aledañas se presenta dificultad para acceder al agua, por lo tanto, los pobladores se ven obligados a demandar el importante servicio, puesto que es necesario para realizar sus actividades diarias, así como también para el riego de sus cultivos ya que esta es una zona con extensas tierras para la siembra, pero sin agua simplemente no se puede llevar a cabo la producción.

Como estudiantes de ingeniería en energías renovables y ante esta problemática, surge la necesidad de realizar una investigación acerca de la situación actual de una de las comunidades de esta ciudad,

la comunidad de Santa Cruz, donde se puede observar el carecimiento de agua, tomando como muestra la finca del mismo nombre, en la cual se recopilará toda la información necesaria a fin de realizar los cálculos pertinentes en la realización del dimensionado de un sistema solar fotovoltaico para extraer agua de un reservorio de cosecha de agua de lluvia, que permita brindar mejoras de riego para dicha finca.

3.1. Delimitación del problema

La comunidad Santa Cruz se encuentra ubicada a 20m de la salida sur de la ciudad de Estelí, esta a su vez se encuentra subdividida en pequeños pueblos, actualmente algunos de ellos están aislados del sistema de distribución eléctrico nacional y la escasez de agua es una problemática que siempre los ha afectado tanto en el uso doméstico como en las siembras, ya que esta comunidad cuenta con una extensa zona agrícola.

Cabe destacar que actualmente la empresa de acueductos ENACAL-Estelí ha logrado suplir la necesidades de agua de uso doméstico a través de pequeños pozos excavados en la zona o por medio de la repartición de agua casa por casa con pipas, pero lamentablemente esto no es suficiente para cubrir toda la demanda requerida por la población, y la problemática se vuelve aún más grave en lo que respecta al agua para riego ya que año con año la sequía afecta aún más y el acceso al vital liquido se torna un poco más costoso y trae consigo muchas pérdidas en los cultivos, afectando económicamente a la población ya que esta es la forma de sustento para muchos de los pobladores.

La finca Santa Cruz ubicada en la comunidad del mismo nombre, brinda trabajo a agricultores en la cosecha de hortalizas, legumbres, helechos y flores, pero lamentablemente se ha visto muy afectada debido a la sequía de los últimos años y a la escases del agua en la zona, por lo que el propietario del lugar por medio de la ayuda del gobierno central a través del proyecto “ Plan integral y apoyo socioeconómico a pequeños productores de la ciudad de Estelí y Madriz 2008”, ha invertido en la realización de reservorios para cosechar agua en temporada de invierno y utilizarla en tiempos de sequía, evitando la escasez de agua en sus cultivos, pero actualmente no cuenta con un sistema de bombeo que permita desplazar el agua de manera rápida y efectiva hacia la zona de riego.

Cabe destacar la finca se encuentra en zona rural y no existe tendido de red eléctrica que permita instalar bombas para extraer agua de manera tradicional. Realizar una inversión en un pequeño proyecto de este tipo resultaría costoso, ya que esto implica la extensión de red eléctrica convencional desde el último punto de enlace eléctrico (poste de energía), hasta el lugar en donde se colocará la bomba, costo que tendría que asumir el cliente, ya que según las normativas de enlace de DISNORTE – DISSUR no se permite instalar servicios de energía eléctrica a una distancia mayor de 150 m.

Dado a que la finca se encuentra a una distancia que supera los 150 m indicados por la empresa DISNORTE-DISSUR, el costo del proyecto con energía convencional tendría que ser asumido por el cliente y realizado a través de una empresa tercero, en donde se tendría que pagar por cada uno de los materiales a instalar, ya sean, postes, armados retenidas, etc., y aparte de esto pagar también los servicios de tramites e instalación, costo que el interesado considera demasiado elevado.

3.2. Formulación del problema

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, surge la primera incógnita para poder dar solución a esta problemática: ¿Existe en la finca Santa Cruz las condiciones paramétricas para instalación de un sistema de bombeo solar fotovoltaico, siempre y cuando el beneficio económico y ambiental sea rentable?

3.3. Sistematización del problema

Las preguntas de sistematización correspondientes a la interrogante principal anteriormente planteada se muestran a continuación:

¿La captación de agua de lluvia es suficiente para suplir las necesidades de riego en los cultivos de la finca?

¿Es posible cubrir la demanda energética presente en dicho lugar?

¿Cuenta el lugar con las características necesarias para la aplicación de un sistema fotovoltaico?

¿Se podrá comparar los beneficios económicos y ambientales entre el sistema de bombeo solar fotovoltaico y la energía obtenida a través de un proyecto con energía convencional?

IV. JUSTIFICACIÓN

El agua es uno de los principales insumos en la producción agropecuaria, es necesario avanzar hacia su utilización racional, con la finalidad de favorecer la sostenibilidad en la obtención de alimentos, para esto es necesario crear estrategias que ordenen los recursos hídricos de forma cuidadosa y estudiada.

El presente estudio es de importancia para las comunidades de Estelí y sus alrededores por su valor teórico ya que permitiría ser un modelo para el desarrollo de proyectos similares en cuanto a metodología y la generalización de resultados, dicho documento servirá de referencia sobre los elementos a considerar previo a establecer el sistema de riego por goteo con energía solar; no solamente tendrá el objetivo de conservar el medio ambiente sino también servirá de aprendizaje para los estudiantes o pobladores que quieran impulsar proyectos de investigación sobre esta índole de importancia para la sociedad.

Por otro lado, es de mucha relevancia saber que, la energía es de importancia significativa para llevar a cabo cada uno de los procesos de obtención y optimización de uso del agua, y debido a la situación que se vive en el país, debido a la contaminación producida por la utilización de energía generada de combustibles fósiles, ha obligado a tomar alternativas como las energías renovables para reducir en cierta medida el daño ecológico causado a través de la energía convencional.

Es por eso que con este trabajo se pretende utilizar de manera eficaz todos los recursos que la naturaleza nos provee, en este caso el agua de lluvia y la energía solar, realizando la captación de la misma en reservorios y trasladándola por medio de un sistema solar fotovoltaico a la zona de riego, lo cual implica oportunidad desarrollo productivo, social y económico de la finca ya que se podrá resolver la problemática del abastecimiento de agua en los cultivos y esto ayudara al rendimiento y calidad de los mismos, lo que incidirá en de la regulación de los precios al consumidor, en este caso a la población de Estelí .

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Desarrollar un sistema de bombeo solar fotovoltaico para extracción de agua de estanque y su utilización para riego en la finca Santa Cruz, de la comunidad Santa Cruz, Estelí.

5.2. Objetivos específicos

5.2.1 Caracterizar el área de estudio de la finca Santa Cruz de la comunidad de Santa Cruz.

5.2.2 Determinar las necesidades agronómicas e hidráulicas del riego en la finca Santa Cruz.

5.2.3 Proponer un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, para contribuir con la tecnificación de la finca.

5.2.4 Analizar el beneficio, económico y ambiental que genera el proyecto de bombeo solar fotovoltaico.

VI. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo permite conocer los conceptos básicos en el desarrollo de este trabajo realizando énfasis en dos ejes renovables muy importantes, la captación de agua de lluvia por medio de reservorios y la energía solar fotovoltaica.

6.1. Fuente de agua

El agua aparentemente se resume en una simple fórmula: H_2O , que es la característica más general de las grandes masas que cubren el 71% de la superficie de la tierra (océanos, casquetes polares, glaciares, aguas superficiales y subterráneas) y que conforman lo que se denomina la hidrosfera (García, 1989).

La fuente de agua a bombear puede ser de ríos, lagos o estanques, según la utilidad o finalidad que se desee.

En instalaciones de bombeo FV es más habitual la extracción de agua de estanques que, aunque pueden ser abiertos, en la mayor parte de los casos son estanques 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 (González D. A., 2010).

El descenso del nivel del agua en el estanque 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.

En la actualidad el agua es cada día más escasa, tanto para el abastecimiento humano como para actividades agropecuarias y agrícolas, es por eso que hoy en día se están empleando sistemas de cosecha de agua muy útiles para el ahorro de agua, especialmente en las zonas de riego donde esta técnica es de gran importancia reducir pérdidas en los cultivos.

6.2. Captación de agua de lluvia

La captación de agua de lluvia es un medio para obtener agua para consumo humano y/o agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en

cantidad y calidad necesaria para el consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento (Faustino, 2007).

Con el agua de lluvia se mejora la alimentación de la gente, si se garantiza que haya agua suficiente para regar los huertos en los patios de las viviendas y hacer riegos complementarios en los cultivos de granos básicos y frutales. También se pueden crear otras alternativas de alimentación, como la producción de peces en pequeños estanques. Otra ventaja de la captación de agua es que contribuye a disminuir las enfermedades causadas por aguas contaminadas, ya que el agua de lluvia bien manejada es limpia y de buena calidad (Faustino, 2007).

6.3. Reservorios para cosecha agua

Se constituyen en un medio para mitigar la escasez de agua en esta región. Estos permiten captar agua de escorrentía y la que fluye dentro del terreno, o desde los techos, para que sea directamente disponible a los cultivos o actividades domésticas (Radulovich, 1994)

La construcción de un reservorio involucra básicamente dos tipos de diseños: uno estructural y uno hidráulico. El estructural se refiere al sistema de muro (pantalla) que se va a utilizar como presa y cuya función es detener el cauce natural en una zona tras la cual se forma una represa (el estanque para almacenar agua). Este muro, dependiendo del tamaño de la represa, especialmente su altura, o profundidad del reservorio, podrá ser desde lo más elemental (un tabique en madera o un muro armado en tierra o piedra) hasta una gran pantalla en concreto reforzado, como se utiliza en las grandes represas para generación de energía. Por otra parte, está el diseño hidráulico, que determina las dimensiones requeridas para tuberías de conducción y manejo de los niveles de almacenamiento del agua. En esto es importante conocer los índices de lluvia propios de la zona donde se ubica el reservorio y disponer de sistemas de válvulas o vertederos, o combinaciones, para manejar el nivel del reservorio y evitar la sobrecarga de la presa (Acosta, Quirós, & Morales, 2010).

6.4. Energías Renovables

Según (Gonzalez, 2008), se denomina energías renovables a la energía que se obtiene de fuentes naturales inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

De acuerdo a un comunicado de prensa este tipo de energía, tiene características importantes destacando principalmente su naturaleza inagotable y renovable, así mismo, es limpia, inagotable y es una alternativa a la actual dependencia del petróleo y de otras alternativas menos seguras y más contaminantes (Procobre.Org., 2008).

Así mismo, son fuentes de abastecimiento que respetan el medio ambiente. Esto significa que pueden ocasionar efectos negativos sobre el entorno, pero éstos son infinitamente menores si los comparamos con los impactos ambientales de las energías convencionales (combustibles fósiles: petróleo, gas y carbón; energía nuclear, etc.) y además son casi siempre reversibles.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. La producción de energías limpias, alternativas y renovables no es por tanto una cultura o intento de mejorar el medio ambiente, sino una necesidad a la que el ser humano se va a tener que dirigir, independientemente la opinión, gustos o creencias.

6.4.1. Clasificación de energías renovables

Existen varias fuentes de energía renovables, limpias e inagotables las cuales se encuentran en la naturaleza y están siendo usadas para suplantar las fuentes de energías fósiles, a través del siguiente cuadro podremos observar algunas de las energías renovables más implementadas a través del mundo, así como también daremos a conocer las ventajas y desventajas de estas. (González González, 2011).

Tabla 1. Ventajas y desventajas de energías renovables.

Tipos de Energía	Impacto Ambiental	Riesgos e Inconvenientes	Ventajas
Térmica	Edificación y carreteras. Contaminación atmosférica por emisión de gases de combustión Contaminación del agua usada como refrigerante y su calentamiento. Efecto Invernadero	Enfermedades respiratorias. Alto nivel de ruido Empleo de Fuentes no renovables	Gran Potencia y Rendimiento
Hidroeléctrica	Edificación y carreteras Embalse de agua fluvial. Grave alteración de la zona de ubicación debido a los desvíos de agua e inundaciones de tierras. En sequías a veces no se respeta el caudal ecológico.	Riesgos de rotura de la presa y desbordamiento. Peligro de desaparición de flora y fauna autóctona	Gran potencia y rendimiento. No emite residuos. El agua del embalse se utiliza para regadíos y abastecimiento.
Eólica	Edificación y carreteras. Impacto visual y sonoro. Ocupación de grandes superficies para su ubicación. Riesgo a las aves.-	Descontinuas y aleatorias a las horas de viento. Menor rendimiento que la anterior.	No contaminante Reduce la dependencia de otros tipos de energía. Posibilidad de autoconsumo
Solar Fotovoltaica	Edificación y carreteras.	Descontinua y aleatoria debido a la hora del sol.	No contaminantes.

Tipos de Energía	Impacto Ambiental	Riesgos e Inconvenientes	Ventajas
		Bajo rendimiento en comparación a las centrales tradicionales. Altos costos.	Reduce la dependencia de otros tipos de energía contaminantes. Posibilidad de autoconsumo. La fuente es gratuita.
Nuclear	Edificación y carreteras. Contaminación de agua por radiación. Residuos no reciclables y altamente contaminantes.	Peligro de catástrofe nuclear y enfermedades. Alto costos en las construcciones y medidas necesarias. Residuos radioactivos que necesitan ubicación especial.	Gran potencia y gran rendimiento

Fuente: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/11/apuntes-energ3ada.pdf>

6.5. Energía solar

Según (Gasquet, 2006) el sol es el origen de la energía solar y de las otras fuentes renovables de la energía. Esta estrella es un enorme reactor de fusión nuclear que transforma parte de su masa en energía. El sol emite al espacio energía en forma de radiación electromagnética, la cual puede desplazarse en el vacío, es decir, no requiere medio material para propagarse. De la enorme cantidad de radiación que emite constantemente el sol, una parte de ella llega a la atmósfera terrestre en forma de radiación solar. De ella el 16% es absorbida por la estratosfera y la troposfera y el 22.5% por el suelo; el 4% es reflejada directamente al espacio desde el suelo.

La energía solar se fundamenta en el aprovechamiento de la radiación solar para la obtención de energía que podemos aprovechar directamente en forma de calor o bien podemos convertir en electricidad.

- ✓ **Calor:** La energía solar térmica, consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol, para la producción de agua caliente, para consumo doméstico o industrial, climatización de piscinas, calefacción de los hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc.

- ✓ **Electricidad:** La energía solar fotovoltaica, permite transformar en electricidad la radiación solar a través de unas células fotovoltaicas o placas solares. La electricidad producida puede usarse de manera directa (por ejemplo, para sacar agua de un estanque o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio. El aparato para medir la radiación total se denomina Pirómetro.

6.5.1. Tipos de radiación solar

Según (Sánchez, 2011), plantean que en función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir estos tipos de radiación:

- **Radiación directa:** Es la radiación que incide sobre los objetivos iluminados por el sol sin haber interactuado con nada y sin cambiar de dirección.

- **Radiación difusa:** Es una radiación que incide indirectamente, como reflejo de la radiación solar que es absorbida por el polvo y el aire, la difusión se produce al desviarse los rayos solares, debido a las partículas sólidas y las moléculas, como el vapor de agua, que existen en la atmósfera.

- **Radiación reflejada o albedo:** Es la radiación procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos del entorno. Según (Gasquet, 2006)

6.5.2. Ángulos de radiación solar

Para situar una instalación solar correctamente es necesario conocer los ángulos más importantes de posición del sol y de los captadores. Para poder manejarse en este apartado se mencionan a continuación unas definiciones necesarias para ubicar correctamente las coordenadas, que luego se utilizarán (Lezcano & Úbeda, 2017).

- ✓ **Angulo acimutal o azimut:** Es el ángulo formado por la proyección sobre la superficie horizontal del lugar, de la recta sol-tierra, con respecto a la recta norte sur terrestre.
- ✓ **Angulo cenital o distancia cenital:** Es el ángulo que forma la línea sol-tierra con la vertical del lugar, su complementario es la altura solar.
- ✓ **Altura solar:** Es el ángulo formado por la recta sol-tierra respecto al plano que contiene a la superficie del lugar.

6.6. Energía Solar Fotovoltaica (FV)

Según (Zapata Castaño, 2011) Los módulos o colectores fotovoltaicos están conformados por dispositivos semiconductores tipo “diodo”, los cuales al recibir radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos; esto se conoce como efecto fotoeléctrico. Al producirse este fenómeno se genera una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos nos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas para el uso de pequeños dispositivos electrónicos.

Según (Barrau, 2009) cuando un flujo de fotones influye sobre la célula construida a partir de la unión entre semiconductores tipo P y N, parte de ellos son absorbidos en el material.

Los fotones que poseen una energía mayor al salto energético entre la banda de construcción y la de valencia, pueden ser absorbidos y forzar el salto de un electrón, entre estas bandas generando un par electrón –hueco.

El electrón se desplaza hacia la zona N y el hueco hacia la zona P, creándose con ello una corriente de electrones desde la zona N a la P.

El salto energético entre las bandas limita la porción de radiación que puede ser absorbida aprovechando un 65 %, el efecto solar se produce de forma instantánea ($\sim 10^9$ S), de forma que las células fotovoltaicas generan electricidad instantáneamente de ser iluminadas.

6.7. Aplicaciones de la energía solar Fotovoltaica en la actualidad

El uso intensivo de esta fuente de energía requiere el empleo de una serie de tecnologías de conversión más elaboradas, que han sido diseñadas en los últimos 30 años y que todavía se encuentran en estado de desarrollo, fundamentalmente para disminuir sus costos (Durán, 2005).

En la actualidad, el aprovechamiento de la energía solar con tecnologías simples ha tomado un gran auge, desde pequeños hornos solares, hasta las tecnologías más sofisticadas, como las plantas generadoras de energía, con tecnología de torre central.

6.7.1. Energía solar para uso doméstico

La energía solar es la alternativa limpia por excelencia para uso doméstico, es probable que esta aplicación sea una de las más comunes y además también una de las formas más fáciles de mejorar la eficiencia en el consumo de energía en los hogares, una de las ventajas es que no requiere de ningún tipo de configuración, ya que una vez que son instalados no necesitan más que aprovechar la energía del sol durante el día para evitar la necesidad de suministrar energía durante la noche.

6.7.2. Energía solar para aplicaciones térmica

La radiación solar se aprovecha tradicionalmente para una gran variedad de aplicaciones térmicas tales como la calefacción o refrigeración pasiva de edificios, la producción de sal o el secado de ropa, grano, madera, pescado y carne, en magnitudes que no se han cuantificado. Existen asimismo diversas tecnologías comerciales para el calentamiento de agua u otros fluidos o bien para

refrigeración. La principal tecnología para el aprovechamiento térmico de la radiación solar es el calentador solar de agua (Chávez, 2008).

6.7.3. Energía solar para Bombeo

El bombeo solar de agua para riego, que, aunque actualmente, resulte excesivamente costoso, es una aplicación que puede presentar en el futuro de un gran potencial de desarrollo. Teniendo en cuenta que las necesidades de agua para riego suelen ir asociadas a las épocas de mayor insolación, coincidiendo oferta y demanda (Rodríguez & Rivas, 2014).

Los sistemas de bombeo fotovoltaicos para riego podrán presentar ventajas económicas frente a otras tecnologías de sistemas de riegos eficientes que permitan el ahorro del agua y energía, como son los sistemas de riego por goteo y se buscara maximizar la utilización de la energía disponible mediante una rotación sistemática de cultivos o cultivos permanentes.

6.8. Clasificación de los sistemas solares fotovoltaicos según sus elementos y utilidad.

La energía solar se puede clasificar según su utilidad y según los elementos utilizados para llevar a cabo su funcionalidad entre estos se encuentran:

6.8.1. Sistemas fotovoltaicos independientes

Son aquellos en los que la única fuente de energía es la producida por el panel solar y, por lo tanto, no están conectados a otros sistemas de generación de energía ni a la red de distribución eléctrica. Ya que solamente se produce energía cuando el sol alumbra, generalmente este grupo de aplicaciones requiere de un subsistema de almacenamiento para que la energía esté disponible cuando no haya luz solar (Fernandez Salgado, 2010).

Otra conexión sencilla es aquella que utiliza un regulador de tensión entre la salida del panel solar y la conexión de la carga. Este dispositivo utiliza un convertidor de CC/CC (convertidor de corriente continua a corriente continua) o de CC/AC (convertidor de corriente continua a corriente alterna) para generar a la salida una tensión constante, diferente de la tensión de entrada, que algunos dispositivos necesitan para operar adecuadamente independiente de las variaciones de tensión propias a la salida del panel.

Los sistemas fotovoltaicos más comunes son los que utilizan algún sistema de almacenamiento de energía para los momentos en los que el panel solar no produce energía. El sistema de almacenamiento más utilizado es la batería química. Mientras haya luz solar el panel solar carga la batería y además alimenta la carga, cuando el panel no genera energía eléctrica, la batería alimenta la carga. Estos sistemas pueden o no tener un regulador de tensión hacia la carga. La función del control de carga es la de evitar dos situaciones que afectan gradualmente la vida útil de una batería: la carga excesiva y la descarga excesiva. Algunos controladores de carga de batería utilizan una estrategia de control denominada seguidor de potencia máxima para optimizar el funcionamiento de todo el sistema.

6.8.2. Sistema mixto de generación de energía

Son aquellos en los que se dispone, además de la energía solar, de otros medios de generación de energía eléctrica. Estos generadores podrían ser otros sistemas de generación limpios, como los eólicos, o generadores eléctricos conectados a motores de combustión. En este caso, los sistemas se complementan entre sí para entregar la cantidad de energía necesaria a la carga o para cubrir las horas de utilización requeridas (Fernandez Salgado, 2010).

Los generadores eólicos tienen un comportamiento de generación de energía similar al panel solar por lo que la energía producida debe utilizarse para cargar el banco de baterías. Algunos reguladores comerciales poseen entradas dobles: panel solar y generador eólico.

En el caso de grupos de generadores con motores de combustión, que producen corriente alterna, es necesario un circuito de conmutación que permite el intercambio de alimentación (batería a grupo generador viceversa) sin interrupciones en el suministro.

6.8.3. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución eléctrica

En los sistemas de bombeo fotovoltaico se distinguen dos tipos, por un lado, aquellos que utilizan la energía solar para disminuir el consumo de energía de la red de distribución de tal forma a reducir los costos, y, por otro lado, aquellos que pueden proveer el exceso de energía producida por el sistema fotovoltaico a la red. Estos últimos normalmente tienen un incentivo gubernamental por ser energías de producción limpia y, en particular, en el caso de la energía solar (Fernandez Salgado, 2010).

Tienen por objetivo reducir el consumo de la energía de la red de distribución eléctrica tienen como componentes como los que se muestran en la Figura. Las baterías almacenan el exceso de producción, si los hubiere, para cuando se necesite. En algunos casos podría no utilizarse baterías, la energía producida por el panel fotovoltaico es consumida mientras ilumine el sol, en días nublados o por la noche, la carga se alimenta de la red de distribución eléctrica. En este caso es importante considerar si las horas de mayor producción de energía del sistema fotovoltaico permiten un ahorro razonable.

6.9. Sistemas de Bombeo de solar Fotovoltaico

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, y 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. A continuación, se muestra el Figura de una instalación tipo de bombeo fotovoltaico directo con equipo sumergible.

En la actualidad, esta tecnología permite operar sistemas de bombeo con generadores fotovoltaicos. Las aplicaciones se hallan desde bombeo de agua a unos pocos metros (10 a 12m) hasta grandes profundidades (300 hasta 500 m), por supuesto, se incluye el bombeo desde fuentes de agua superficiales. Para implementar estos sistemas de bombeo es necesario conocer las condiciones de radiación solar local. Esta información existe en cada país.

6.10. Componentes de un sistema de bombeo solar fotovoltaico

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 estanque y un sistema de tuberías, (ver. A pesar de que se instalan bombas de superficie y flotantes, la configuración más habitual es un sistema motobomba sumergible instalada en un estanque de sondeo. A continuación, se detallan los componentes:

6.10.1. Generador fotovoltaico

Según Vicente González (2009), varias células fotovoltaicas se agrupan en lo que se denomina un módulo o panel solar. Este módulo proporciona soporte físico y protección mecánica a las células fotovoltaicas que lo componen. Una celda solar es un instrumento construido de silicio que genera electricidad directamente de la luz visible, debido al efecto fotovoltaico.

6.10.1.1. Tipos de celdas solares

- **Silicio mono cristalino**

Estos son los más eficientes y los más caros de producir. También son rígidos y deben ser montados en una estructura rígida para su protección.

- **Poli cristalino**

Las células son efectivamente una reducción de corte de un bloque de silicio, compuesto de un gran número de cristales. Poco menos costosa que las células mono cristalinas y deben ser montados en un marco rígido.

- **Amorfo**

Estas células son manufacturadas mediante la colocación de una fina capa de amorfo de silicio (no cristalino) sobre una amplia variedad de superficies. Estos son los menos eficientes y menos costosos de producir de los tres tipos.

Una de sus características es que su potencia se reduce con el tiempo, especialmente durante los primeros meses, después de los cuales son básicamente estables.

6.10.2. Bomba

Componente esencial, se puede clasificar de la siguiente manera:

6.10.2.1. Bombas cinéticas

Según Mott (2006), están bombas agregan energía al fluido cuando lo aceleran con la rotación de un impulsor, el fluido se lleva al centro del impulsor y después es lanzado hacia fuera por las aspas. Al salir del impulsor, el fluido pasa por una voluta en forma de espiral, donde baja en forma gradual y ocasiona que parte de la energía cinética se convierta en presión de fluido. Estas también poseen una clasificación:

- **Bombas de chorro:** Se utilizan con frecuencia en sistemas hidráulicos domésticos, están compuestas por una bomba centrífuga junto con un ensamble de chorro o eyector. La bomba principal y el motor se encuentra a nivel del terreno en la boca del estanque y el ensamble del chorro esta abajo, cerca del nivel del agua.
- **Bombas sumergibles:** Están diseñadas de modo que pueda sumergirse todo el conjunto de la bomba centrífuga, el motor impulsor y los aparatos de succión y descarga. Estas bombas son útiles para retirar el agua que no se desea en sitios de construcción, minas, servicios en sótanos, tanques industriales y bodegas en barcos de carga. La succión de la bomba está en el fondo, donde fluye el agua través de un filtro y hacia el ojo del impulsor resistente a la abrasión. La descarga fluye hacia arriba a través de un pasaje anular entre el núcleo y la carcasa del motor.
- **Bombas de autoarranque:** El termino arranque describe este proceso. El método predilecto para arrancar una bomba consiste en colocar la fuente del fluido arriba de la línea central del impulsor, y dejar que por efecto de la gravedad llene el puerto de succión. Sin embargo, es frecuente que sea necesario retirar el fluido de una fuente por debajo de la bomba, lo que requiere que esta creé el vacío parcial para elevar el fluido, al mismo tiempo que expelle cualquier cantidad de aire que se halle en la tubería de succión.

6.11. Controlador

Los controladores de carga o también llamados reguladores son equipos que controlan el voltaje y la corriente de un panel solar o generador eólico entregado al parque de baterías. Muchos de ellos generan de 16 a 20 voltios que podrían llegar a estropear la batería por una sobrecarga, ya que sólo se necesitan alrededor de 14.5 voltios (Solarmexpower, 2018).

Estos dispositivos hacen posible un equilibrio en el flujo de energía a través de todo el circuito que conforma el sistema de energía fotovoltaico, bloquean corrientes inversas, previenen sobrecargas y mantienen apropiadamente la alimentación de las baterías de manera segura para que el sistema esté en condiciones óptimas a largo plazo.

6.12. Configuración de los Paneles Solares

Los módulos fotovoltaicos se conectan a su vez para formar sistemas fotovoltaicos. La conexión puede ser en serie y/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.

6.13. Orientación y ángulos de los paneles solares

La orientación de los paneles solar fotovoltaico es hacia el sur donde se aprovecha la mayor cantidad de radiación solar tomando en cuenta la orientación y el ángulo.

6.14. Orientación de las superficies inclinadas

Según Cassals (2008), para vencer los efectos que la declinación sobre el ángulo de incidencia de la radiación solar y conseguir interceptar esta radiación lo más perpendicular posible, es necesario que las superficies captadoras estén inclinadas un cierto ángulo respecto a la horizontal del suelo y, a la vez, orientadas lo más meridionalmente posible (es decir, lo más paralelamente posible al meridiano norte-sur de referencia). En la práctica, la inclinación del captador β se considera constante a lo largo del año y se toman como valores usuales los siguientes:

Verano \longrightarrow $\beta = (\text{latitud geogr\u00e1fica} - 10 \text{ o } -15^\circ)$

Invierno \longrightarrow $\beta = (\text{latitud geogr\u00e1fica} + 10 \text{ o } +15^\circ)$

Anual \longrightarrow ajustamos a los valores invernales.

Es importante asegurar un \u00e1ngulo acimutal de 0° , lo cual significa una desviaci\u00f3n nula respecto al meridiano de referencia norte-sur. Desviaciones de hasta 20° a este u oeste del meridiano de referencia no afectan sensiblemente a la radiaci\u00f3n interceptada en r\u00e9gimen de utilizaci\u00f3n anual, pero seg\u00fan la inclinaci\u00f3n del captador, las perdidas pueden llegar al 30% con respecto a una superficie captadora con $\gamma_c = 0^\circ$ (tabla 1). Si no se puede asegurar una desviaci\u00f3n m\u00ednima, la disminuci\u00f3n en la cantidad de energ\u00eda captada se suple con un aumento consecuente en el \u00e1rea de captaci\u00f3n.

Es recomendable que el generador FV se instale sobre una estructura fija. No obstante, en ocasiones se emplean estructuras con seguimiento solar e incluso con baja concentraci\u00f3n (2X), (refiri\u00e9ndonos a los sistemas de bombeo de agua), en los que el porcentaje ganancia en volumen de agua bombeada es incluso superior a la ganancia en captaci\u00f3n solar debido a los umbrales de bombeo.

6.15. Variables que intervienen en el funcionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico

Seg\u00fan Vicente Gonz\u00e1lez (2009), los par\u00e1metros del dimensionado de bombeo solar son:

- ✓ Radiaci\u00f3n solar disponible
- ✓ La profundidad de bombeo / distancia de bombeo
- ✓ Caudal de bombeo

6.16. Factores que afectan el rendimiento de los paneles solares

Seg\u00fan (Juan. Sierra, 2017), los factores m\u00e1s comunes que influyen en el rendimiento de los paneles solares son los siguientes:

✓ **Reflexión**

Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas.

✓ **Efecto de la Sombra**

El efecto de la sombra sobre los paneles solares, afecta notoriamente al rendimiento de estos, es por esto que se debe procurar al momento de diseñar una instalación, situar los paneles en un lugar donde no existan este tipo de interferencias. Aún más en los paneles conectados en serie porque al estar en este tipo de configuración al incidir sobre ellos una sombra crean un vacío o electrónicamente se llama hueco que hace cortar la conexión y por ende el flujo eléctrico. Esto dejara sin flujo eléctrico al sistema.

✓ **Efecto de la temperatura**

La temperatura es un parámetro que afecta directamente la generación de energía en un panel fotovoltaico. Al aumentar la temperatura, la corriente también tiende a aumentar, pero el voltaje cae notablemente, lo que provoca una disminución en la potencia entregada por el panel, en cambio al disminuir la temperatura el voltaje tiende a aumentar, pero la corriente disminuye, aumentando en una fracción el nivel de potencia entregada.

6.17. Dimensionado del sistema de bombeo solar

Conforme con (Vicente González, 2009) luego de identificar las variables adicionalmente se debe enfocar el dimensionado del sistema a través del tipo de bomba que se puede emplear. Esto está ligado directamente a la profundidad de bombeo y al caudal de bombeo. Cada fabricante de bombas oferta información acerca de los parámetros de sus bombas y sobre las condiciones en las cuales ellas pueden trabajar. Entre esos datos se encuentra el diagrama de trabajo de las bombas, donde se describe los tipos de bombas de acuerdo a la profundidad de bombeo y el caudal a ser bombeado.

Esos dos últimos parámetros sirven para determinar lo que se conoce como *ciclo hidráulico*, que no es más que el producto del volumen a ser extraído (caudal Q en m³/día) por la profundidad de extracción (Hd en m) o llamada también *carga o altura dinámica*. Este ciclo hidráulico (CH

m⁴/día) determina la capacidad combinada de extracción de una cantidad de agua a una profundidad dada.

$$(m^4/día) = (m^3/día) Hd(m) \quad 24$$

Actualmente el valor CH tiene su máximo entre 1,500 y 2,000 m⁴ diario para sistemas fotovoltaicos. Esto es, por ejemplo, si el valor de CH diario es de 1,600 m⁴, significa que puede extraerse un volumen de 100 m³ desde una profundidad de 16 m, o bien 50 m³ desde una profundidad de 32 m, o bien 20 m³ desde una profundidad de 80 m, o en fin 5 m³ desde una profundidad de 320 m. (Vicente González, 2009).

Estos ejemplos requieren de mucha energía. Los sistemas de bombeo fotovoltaicos requieren de mucha potencia, de hasta algunos kW, y en general tienen baja eficiencia total ($\approx 5\%$ o un poco más).

La altura manométrica (*hm*) será la distancia de trabajo la cual debe ser vencida por la bomba. Aunque en realidad, *hm* debe corregirse por las pérdidas mecánicas (*h_{perd}*) en las tuberías mientras circula el agua y el hecho de que cuando se da la succión de agua por la bomba, el nivel dinámico (*hd*) dentro del estanque cambia ligeramente provocando pequeñas oscilaciones en el valor del nivel estático (*he*). la diferencia de esto provoca algo llamado abatimiento que es la disminución del espejo de agua hacia una profundidad mayor. Esto es, la altura efectiva de bombeo para el sistema estará dada por la ecuación:

$$Hd = hm + h_{perd}$$

Toda vez que se quiera extraer agua, se debe entonces conocer la energía necesaria para esta operación. Esto es, se necesita conocer el tamaño de los generadores fotovoltaicos para lograr operación. Para ello es necesario conocer la potencia hidráulica diaria necesaria para la instalación. La ecuación siguiente expresa ese valor:

$$Ph(W) = \rho \cdot g \cdot Hd \cdot Q$$

Aquí *g* es la aceleración de la gravedad, 9,81 m/s², ρ es la densidad del agua, 1.000 kg/m³ y el *Q* el caudal expresado en m³/s. 25

Para obtener la potencia fotovoltaica (P_{pv}), se debe multiplicar este valor por la cantidad de horas que se requiere bombear agua, y luego dividir por la cantidad de horas de sol promedio Δt_{sol} que se tiene por metro cuadrado por cada día en la localidad. Recordando, si la zona tiene radiación solar promedio diaria de 5,1 kWh/m²día, esto significa que 1 m² de superficie recibe 5,49 horas de sol (1.000 W) de energía radiante diariamente (dato tomado de la tabla de la NASA presentada en el anexo 4). El resultado debe corregirse por los factores en la generación fotovoltaica (F) que es alrededor del 85% y por el rendimiento del subsistema de bombeo ($\eta_{sub}=25\%...40\%$). En la ecuación siguiente se calcula la potencia fotovoltaica que se debe usar para la instalación.

$$(W_p) = P_{hid} W * \Delta(h) \Delta t_{sol}(h) * F * \eta_{sub}$$

Para conocer Δt_{bomb} , se toman los datos del volumen demandado de agua y de la capacidad de la bomba (caudal de la bomba Q_{bomb}). El volumen demandado (V_x) no es más que la cantidad de agua diaria que se necesita extraer del estanque o cuerpo de agua. Entonces, para conocer la capacidad de la bomba, se divide este volumen entre el tiempo de bombeo requerido:

$$Q_{bomb} = V_x / \Delta t_{bomb}$$

Este resultado, expresado bien sea en L/h ò en m³/s debe aproximarse a la capacidad de algunas de las bombas que se ofertan en el mercado. Luego, de acuerdo al tipo de bomba el tipo de motor, se diseña el resto del circuito eléctrico para la alimentación de la bomba, debe realizarse un balance económico de los costos y la calidad de los equipos. En este tipo de aplicaciones, se debe asegurar que la vida útil de los equipos y dispositivos sea uno de parámetros de sostenibilidad.

Nivel estático del agua

Nivel al cual se mantiene el agua en un estanque, cuando del mismo se extrae por bombeo un cierto caudal.

6.18. Tipos de mantenimiento a los sistemas

Según (Fernandez Salgado, 2010) se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y, prolongar la duración de la misma:

✓ **Mantenimiento preventivo**

Implica como mínimo, una inversión anual. Es necesario disponer de un plan de Mantenimiento preventivo que incluya operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento preventivo se basa fundamentalmente, en el caso de instalaciones aisladas en una inspección visual del funcionamiento de los equipos. Dicha inspección visual es la más fácil de llevar a cabo.

✓ **Mantenimiento correctivo**

Se relacionan todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Este tipo de mantenimiento debe realizarse por personal técnico calificado.

6.19. TIR y VAN

Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el **VAN** (Valor Actual Neto) y el **TIR** (Tasa Interna de Retorno). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos).

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente, donde I es la inversión, Q_n es el flujo de caja del año n , r la tasa de interés con la que estamos comparando y N el número de años de la inversión (Gonzales, 2009) .

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

6.20. Emisiones de CO2

El seguimiento de las emisiones de dióxido de carbono (CO2) se llevará a cabo utilizando la siguiente fórmula:

Datos de la actividad \times Factor de emisión \times Factor de oxidación

6.20.1. Datos de la Actividad

El seguimiento de los datos de la actividad (combustible utilizado, índice de producción, etc.) se hará sobre la base de los datos de suministro o mediante mediciones.

6.20.2. Factor de Emisión (tCO₂/TJ)

Los factores de emisión específicos de una actividad serán aceptables para todos los combustibles excepto los no comerciales (residuos combustibles tales como neumáticos y gases de procesos industriales). Se precisarán además factores por defecto específicos para filones de carbón y para el gas natural. Los valores por defecto del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) serán aceptables en el caso de los productos de refinería. El factor de emisión de la biomasa será cero.

6.20.3. Factor de Oxidación

Si el factor de emisión no tiene en cuenta el hecho de que parte del carbono no está oxidado, se usará entonces un factor de oxidación adicional. Se estimará un Factor de Oxidación = 1. De esta forma, se simplifica el proceso, ya que dicho factor habría que determinarlo en los gases de salida (Intertek, 2019).

VII. HIPÓTESIS

La existencia de parámetros de radiación solar y volúmenes de agua de la finca Santa Cruz, permitiría el desarrollo de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para el riego en la finca, siempre y cuando exista viabilidad ambiental y económica.

7.1. Variable independiente

Parámetros climáticos

7.2. Variable dependiente

Sistema de bombeo solar fotovoltaico

Tabla 2. Cuadro de variables

Objetivos	Variable	Concepto	Indicadores	Fuentes
Determinar las necesidades agronómicas e hidráulicas del riego.	Demanda de agua para cultivos	Su definición refiere a la cantidad total de agua que necesita un cultivo determinado para realizar la evapotranspiración y la construcción celular desde la planta hasta la cosecha, en un régimen climático específico. (Idainature, 2017)	Caudal(m ³) Altura Cantidad de agua utilizada por día	Mediciones en campo
Proponer un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego,	Sistema de bombeo solar	Un sistema fotovoltaico aislado es aquel que utiliza energía solar para	Radiación Solar (W/m ²) Caudal (m ³ /h.).	Notas de campo Observación Entrevista

para contribuir con la tecnificación de la finca.	fotovoltaico Aislado	transformarla en energía eléctrica y que no tiene ningún nexo con la red de energía eléctrica convencional. (Sustentables, 2019)	Potencia (KW/h).	
Analizar el beneficio, económico y ambiental que genera el proyecto.	Mejora en el manejo de los RRNN Ahorro económico	Se refiere a Mejora en el manejo de los RRNN por la reducción significativa de daños al medio ambiente lo que llevaría al Ahorro económico y de recursos físicos y humanos para manejar el sistema.	Cantidad o calidad de recursos naturales. Disminución de consumo en relación con inversión. Gastos económicos reducidos	Notas de campo Observación Entrevista

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Tipo de estudio

Según el paradigma esta investigación es positivista ya que hace uso de datos cuantitativos para el dimensionado del sistema propuesto.

Según su enfoque filosófico es una investigación de tipo cuantitativo, ya que se realizaron mediciones experimentales y se recolectaron datos numéricos, cuantificables, así como también se realizó una entrevista para conocer las problemáticas de la finca (Mendoza, 2010).

Según el alcance de los objetivos y resultados, esta investigación es descriptiva, ya que describió un fenómeno del cual especificamos características y rangos importantes, así como también se definieron variables a medir, las cuales son de importancia desde el inicio al fin de la investigación (Hernandez, 2010).

8.2. Área de estudio

8.2.1. Ubicación geográfica

El presente estudio se encuentra ubicado en la comunidad de Santa Cruz a 14 km del casco urbano del municipio de Estelí, región central norte de Nicaragua entre las coordenadas 13.020373 grados latitud Norte, y 86.309092 grados latitud Oeste y la altitud de 1,000 msnm. La temperatura promedio actual entre 28 y 32°.



Figura 1. Mapa de la ubicación de la finca Santa Cruz.

8.3. Área de conocimiento

La presente investigación pertenece al área de estudio a la Línea N° 1. Tecnologías y eficiencia energéticas renovables del Centro de Investigación de Energías (CIER) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN –MANAGUA) /Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ).

8.4. Población o universo

La población o universo de este estudio está delimitado a las fincas agricultoras de zona rural de la Comunidad Santa Cruz, las cuales no han sido incluidas en estudios de esta índole.

8.5. Muestra

El muestreo utilizado para esta investigación es el muestreo no probabilístico, de carácter discrecional o intencional, en la cual los sujetos son elegidos para formar parte de la muestra con un objetivo en específico, en el caso de esta investigación se tomó de muestra la finca Santa Cruz ya que es la más ideal, debido a que cuenta con características o criterios de mucha importancia para llevar a cabo esta investigación.

8.6. Técnicas de recolección de datos

8.6.1. Observación

Técnica de investigación básica sobre las que se sustentan todas las demás ya que establece la relación entre el sujeto que se observa y el objeto que es observado; lo que es el inicio de toda comprensión a la realidad. (B, (2008)).

8.6.2. Datos primarios

Es el método en donde los investigadores obtenemos datos directamente de la realidad, datos de primera mano.

8.6.2.1. Entrevista

Según (Sanchez Marquez, 2010) la entrevista es el procedimiento más utilizado por diversos profesionales en distintos campos aplicados, su objetivo o propósito más frecuente es conseguir información y procurar esta respuesta con mayor precisión posible, a lo que se necesita averiguar.

Para la recopilación de datos de la investigación se realizó una entrevista libre, con el fin de recolectar información, teniendo muy claro los objetivos y conociendo las características del área de estudio, en este caso estuvo dirigida al administrador de la finca Santa Cruz ya que él tiene el conocimiento de la problemática presentada, así como también de la funcionalidad del área de estudio.

8.7. Procedimientos para la recolección de datos y resultados

El procedimiento a seguir para la etapa de recolección de datos se determinó según los objetivos planteados al inicio de la investigación:

OE1. Caracterizar el área de estudio de la finca Santa Cruz.

Para esto fue necesario visitar el lugar escogido para realizar esta propuesta, en donde primeramente se conocieron las características de la finca para determinar la problemática presentada en la siembra de sus cultivos y así poder trabajar con forme a los objetivos.

Por medio de este objetivo nos dimos cuenta que esta es una finca con muy buenas tierras para la siembra de hortalizas y legumbres, pero con la problemática mencionada a lo largo de esta propuesta y es el acceso al agua para riego y así también la falta de acceso a la energía eléctrica lo que les afecta gravemente en la producción de dicho cultivo, por el momento el propietario realizó una inversión en la realización de un reservorio, en donde se capta el agua de lluvia y esta es transportada por gravedad al área de cultivo, técnica que es un poco dificultosa ya que a los trabajadores de dicho lugar les toca conectar y desconectar manualmente las tuberías utilizadas

para el riego, lo que es muy cansado para ellos ya que cada vez que realizan este proceso tienen que guardar dicha tubería y sacarlas nuevamente.

Para dar una idea de lo mencionado anteriormente, se realizó un esquema de cómo se encuentra el reservorio en la finca en donde se llevó a cabo la propuesta de la implementación del sistema solar fotovoltaico para riego, este sería el esquema inicial del lugar y se realizó para poder comparar las mejoras que se realizarían con la implementación de dicho sistema.

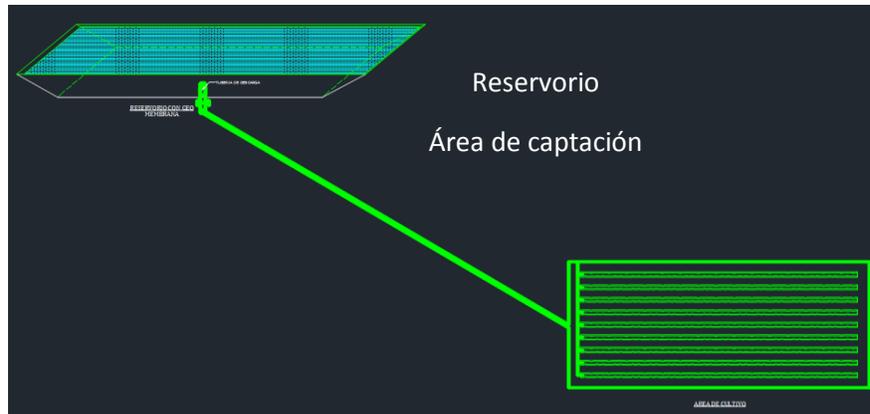


Figura 2. Representación gráfica del reservorio ubicado en la finca Santa Cruz

A como podemos observar en el esquema el sistema empleado actualmente, consta solamente del área de captación (reservorio), que es en donde se recoge el agua de lluvia a través de canaletas que son inducidas hacia él, así como también consta del área de cultivo que se encuentra debidamente seleccionada la cual se encuentra con las siguientes medidas $42.50 * 20.90$ metros lineales, los cuales se dividen en 15 surcos o bancos para siembra, en donde en cada surco se siembran exactamente 220 plantas.

Según comentaba el propietario del lugar a través de la entrevista realizada una vez pueda realizar este proyecto dedicara esta área de siembra para un cultivo en específico y este sería lechuga puesto a que es muy fácil colocarla en mercados y ventas, aparte de tener ya un contrato fijo con la empresa de Comercio Walmart.

OE2. Determinar las necesidades agronómicas e hidráulicas del riego.

Luego de haber conocido ampliamente las características del lugar de estudio se nos hace muy fácil determinar las necesidades agronómicas e hidráulicas de dicho lugar, ya que realizamos mediciones y sabemos que el área de siembra consta de 15 surcos o bancos para siembra, en cada uno de ellos se colocan 220 plantas en este caso de lechuga, por lo tanto en toda el área de cultivo se siembra un total de 3,330 lechugas, a las cuales se les realiza su debido cuidado hasta finalizar la producción, para luego ser colocadas en los centros de comercio de mayor demanda.

Según entrevista realizada al administrador del lugar ellos conocen las necesidades agronómicas del cultivo, tanto la cantidad de agua, el abono, entre otros minerales que necesita el cultivo para desarrollarse, según nos explicó, la lechuga necesita por lo menos una hora de riego para crecer bien, estar en buena calidad en su etapa de inicio a fin.

Por lo tanto, a través de la información obtenida podemos determinar el requerimiento de agua necesaria para la producción, para lo que nos fue útil medir la distancia de cada banco la cual tiene 40.45 metros lineales y el gotero de cada manguera se encuentra a una distancia entre sí de 0.30 cm.

En donde dividiendo la distancia de cada banco entre 0.30 cm que es la distancia entre cada agujero de la manguera de riego, nos da un total de 134 que serían el número de agujero o goteo por cada cinta o manguera de riego, en este caso, en esta área se utilizan 2 cintas por cada banco de cultivo, así que multiplicamos los 134 goteos x 2 que es el número de cinta por banco y nos da un total de 268, este sería el número total de goteos por banco de cada 220 plantas.

En este proceso realizamos la medición de cuantos litros de agua se riegan en una hora colando un embalse milimetrado en la parte inferior de la cinta de dos goteros, en donde en una hora se riega 1 lt de agua por cada dos goteros, y según el administrador del lugar esto se realiza solamente 1 vez al día, dividida en dos lapsos de tiempo $\frac{1}{2}$ hora por la mañana y media hora por la tarde.

Por lo tanto después de conocer todas estas especificaciones de riego podemos obtener la cantidad de agua requerida para el área, y esto lo obtenemos a través de los datos antes medidos, en donde sabemos que contamos con 268 goteos por cada banco y que este se riega 1 lts durante el total de una hora diaria, en donde multiplicamos el número de goteo por la cantidad de bancos de cultivo, en este caso goteos 268 x 15 bancos nos da un total de 4,020 que sería la cantidad de agua medida en litros necesaria para utilizarse en el riego por goteo diario de esta área.

OE3. Proponer un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, para contribuir con la tecnificación de la finca.

Este es uno de los objetivos principales del presente documento ya que a como sabemos el sistema solar fotovoltaico utilizado para riego, es una de las aplicaciones de la energía solar que provee muchos beneficios ya que permite la extracción de agua de cualquier fuente en este caso la extraerá de reservorio artesanal, y será expulsada a un tanque de almacenamiento y posteriormente ira directo a los cultivos en donde se mejorará la calidad de productividad, alimentación y economía misma.

Antes de realizar el dimensionado se nos fue necesario calcular la capacidad almacenamiento de agua que posee el reservorio ya construido, para lo cual tomamos las medidas en campo con ayuda de cinta, pero es importante señalar que la capacidad real la obtendremos a través del cálculo que se presenta a continuación:



Figura 3. Capacidad de almacenamiento del reservorio construido

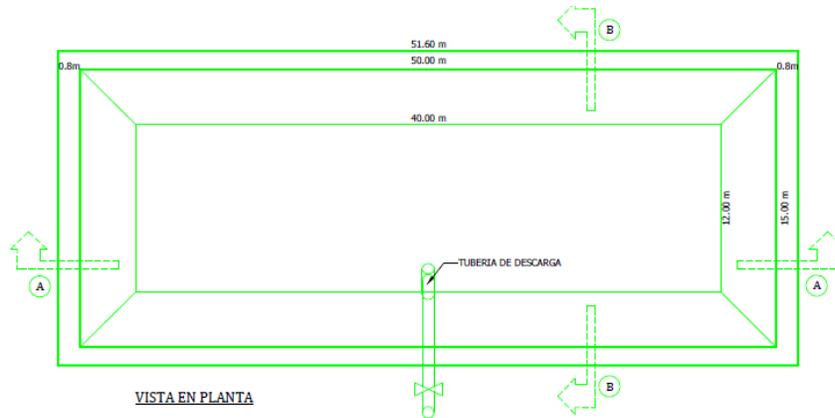


Figura 4. Vista de planta del reservorio

A través de las figuras anteriores, se puede observar que el reservorio tiene una forma de pirámide truncada y el cálculo de volumen de este es el siguiente:

$$Volumen = \frac{h}{3} (A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} \cdot A_{Bm}})$$

siendo h la altura del tronco de pirámide, A_{BM} el área de la base mayor y A_{Bm} el área de la base menor

En donde sustituyendo tenemos lo siguiente:

$$V = \frac{3}{3} (700 + 480 + \sqrt{700 \times 480})$$

$$V = 1,180 + 579.65506$$

$$V = 1,180 + 579.65506$$

$$V = 1,759.655 \text{ m}^3$$

$$V = 1,759.655 \text{ m}^3 \times 1000$$

$$V = 1,659,655 \text{ L}$$

Luego de conocer la cantidad de agua demandada para el riego y el volumen exacto de almacenamiento procedemos a la selección de la bomba, tomando en cuenta los siguientes datos:

Tabla 3. Datos para la elección de la bomba.

Datos a tomar en cuenta para determinar la potencia de la bomba a instalar	
Demanda de agua diaria:	4,020 litros
Altura del reservorio:	3mts
Capacidad del tanque de almacenamiento:	22000 litros/1000=22m3
Altura de taque de almacenamiento	15mts
Altura total de impulso	18mts

La bomba necesaria para ser utilizada en esta propuesta es la que tenga un rendimiento de entrega de 1,061gal por hora, a una altura de 18m, por lo cual se seleccionó la bomba de la compañía SunPumps Brushless, modelo SCS 18-105-120Y BL, la cual cumple con las necesidades de bombeo requerido para el sistema, esta presenta las siguientes características de funcionabilidad:

Tabla 4. Características de la bomba seleccionada.

Tipo	Bomba Solar Sumergible
Rango de flujo	14-26 GPM 53-98 LPM
Rango de profundidad	20-36 M
Rango de voltaje de CC	60v-120v
Controlador	PCC 120-BLS-M2S
Diámetro mínimo del pozo	4 Pulgadas(100 mm)
Tamaño de descarga	1 1/4 "

Dentro de esta familia de bombas, el fabricante nos proporciona una gráfica donde introducimos la altura de bombeo y el caudal, datos por los cuales obtenemos el tipo de bomba que mejor se adapta, a continuación, se presenta la gráfica obtenido a través del fabricante de la bomba seleccionada:

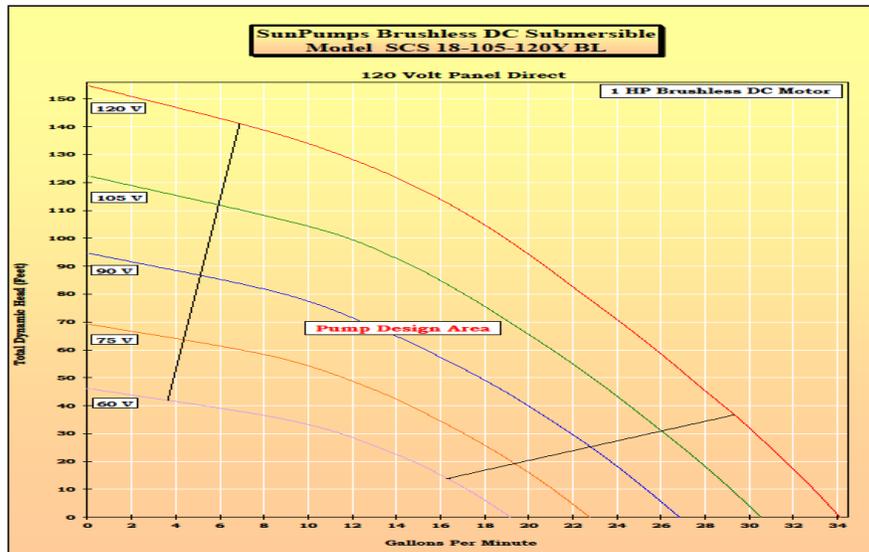


Figura 5. Curva característica de la bomba.

En la siguiente grafica se marca con una línea azul la curva característica de la bomba con relación al arreglo fotovoltaico en serie y con la altura total donde se almacena el agua para ser distribuida

Detalles de producto

Las bombas sumergibles de la serie SCS de Sun Pumps son bombas de CC de alta calidad, libres de mantenimiento, diseñadas específicamente para el suministro de agua en ubicaciones remotas. Operan con una potencia de CC de 160 a 3000 vatios con opciones de voltaje que varían de 30 a 240 voltios.

Controlador de Carga

Luego de haber seleccionado la bomba que utilizaremos para este proyecto, es necesario determinar el controlador de carga que se utilizara para proteger al mismo, de la variación de potencia y voltaje producidos por los cambios en la radiación solar.

En este caso la bomba seleccionada ya cuenta con un controlador de carga de fábrica, el cual presenta las características siguientes:

Tabla 5. Rango de voltaje utilizado por el controlador de carga

Tipo	PCC-120-BLS-M2S
Rango de voltaje nominal	75v – 120v
Voltaje mínimo de circuito abierto	200v
Voltaje mínimo de circuito abierto	90v
Intensidad en circuito abierto	12.5 A
Potencia	1125w- 2500w

Detalles de producto

Los controladores de bombas de la serie PCC-BLS de SunPumps son convertidores de potencia de CC controlados por microprocesador de alta calidad diseñados como la interfaz entre un motor de bomba sumergible de CC sin escobillas sin sensor y la matriz solar. El propósito principal de un controlador de la serie PCC-BLS es la conmutación del motor, suministrar el seguimiento del punto de máxima potencia para los módulos solares y proporcionar protección para el controlador.

Selección de los módulos solares fotovoltaico y su conexión

Para la selección módulos fotovoltaicos es de mucha importancia conocer el promedio de la radiación solar, para esto es importante realizar mediciones en la zona de estudio.

En esta propuesta se realizaron estas mediciones a lo largo de una semana, los datos obtenidos se muestran a través del siguiente gráfico:

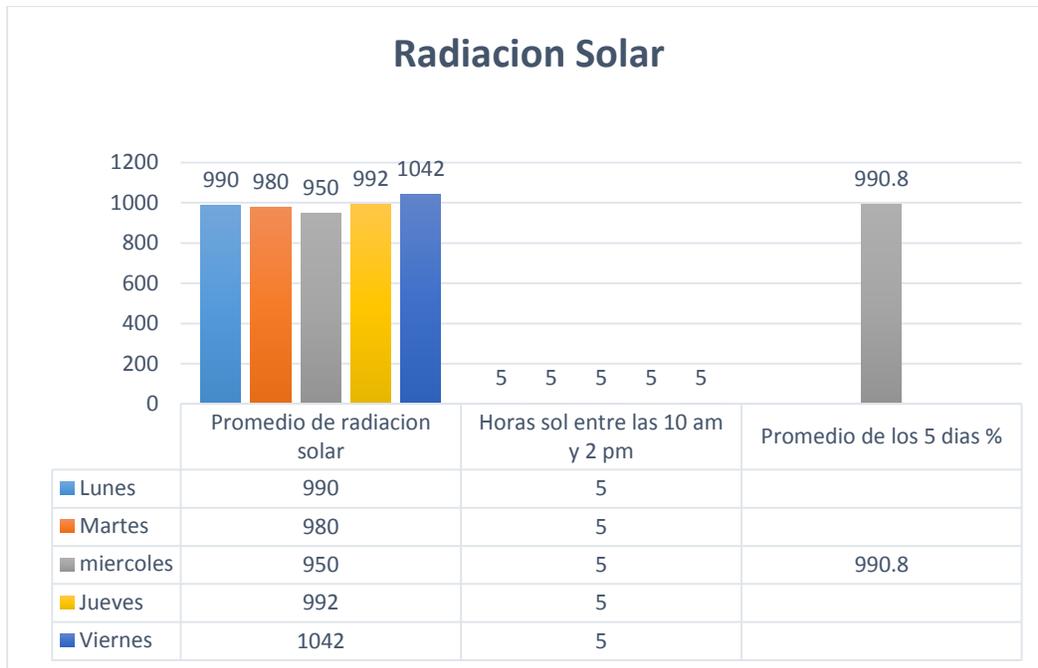


Figura 6. Radiación solar promedio de la finca

En el grafico se puede observar que la zona de Santa Cruz tiene un promedio de la radiación solar de 990.8 wh/m^2 , durante la medición de 5 días, dato que es relativamente parecido al informe de Global Solar Atlas.

Para la selección de los paneles de propuesta se validaron los datos del controlador de carga que viene de fábrica, con la bomba ya seleccionada. Se requiere una conexión en serie de las placas solares para tener los parámetros requeridos por controlador los cuales son: Rango de voltaje nominal de 75v-120v, intensidad de 12.5A y potencia.

A continuación, se presentan las características de los módulos fotovoltaicos seleccionados para esta propuesta:

Tabla 6. Característica de los paneles solares a instalar.

Potencia del Panel Solar	340W
Tipo de Célula del Panel Solar	Poli cristalino
Rigidez del Panel Solar	Rígido
Dimensiones del Panel Solar	1956 x 992 x 40 mm
Tensión Máxima Potencia	38.5V
Corriente en Cortocircuito	9.45A
Eficiencia del Módulo	17.50%
Amperios Máximos de Salida	8.84A
Tensión en Circuito Abierto	46.4V
Voltaje de Trabajo del Panel Solar	24V
Peso del Panel Solar	20.9Kg
Garantía del Panel Solar	25 años

Conexión en serie

La conexión elegida para los módulos fotovoltaicos a instalar es la conexión en serie en donde la potencia de cada panel se sumara al igual que el voltaje, pero la intensidad de este será igual por lo cual en este proyecto se instalaran 4 placas fotovoltaicas de 24v, con intensidad de corriente de 8.84 Amperios y con potencia de 340w cada una, las cuales se conectaran en serie para obtener una potencia total de 1,360w y un voltaje de 96v, manteniendo su intensidad, este tipo de conexión es la adecuada para el regulador de carga de la bomba a utilizar en esta propuesta.

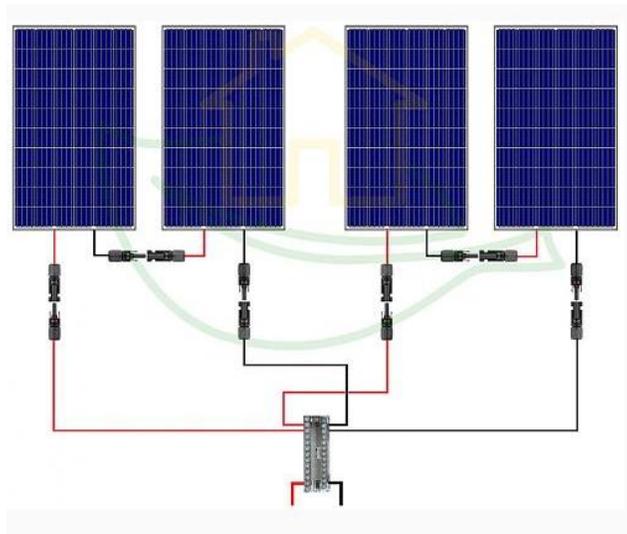


Figura 7. Arreglo solar fotovoltaico en serie

Fuente: <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/conexion-en-serie-y-en-paralelo-de-paneles-solares>

Diseño final del sistema solar fotovoltaico

A continuación, se presenta el diseño final realizado para la propuesta de la instalación solar fotovoltaica para el bombeo del cultivo de la finca Santa Cruz, el esquema presentado a continuación muestra las mejoras a realizarse en la zona de estudio.

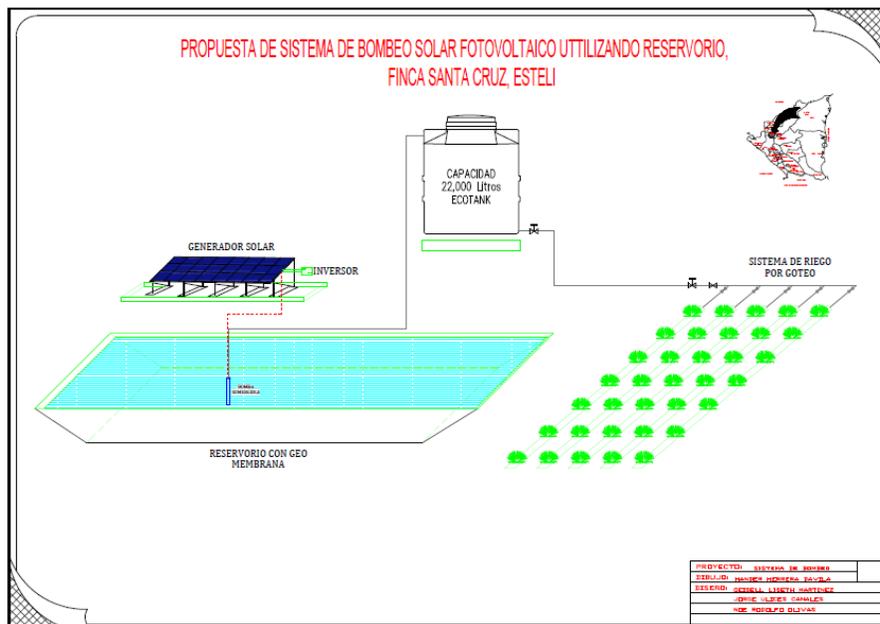


Figura 8. Diseño final de sistema de bombeo propuesto

OE4. Analizar el beneficio económico y ambiental que genera el proyecto de bombeo solar fotovoltaico.

Beneficio Económico

Para analizar el beneficio económico de este proyecto fue necesario calcular los efectos financieros VAN Y TIR, con el fin de conocer la rentabilidad del mismo.

Según resultados de los cálculos realizados, demuestran que conviene realizar este proyecto dado que la tasa de retorno es mayor al 8 %.

Tabla 7. Tasa de interés e inversión inicial del proyecto

Tasa de interés	Inversión inicial
8%	\$6,944.00

Este procedimiento se realizó por medio de la calculadora en Excel que permite calcular el valor actual neto (VAN) Si introduces una tasa de descuento y aparte te permite calcular también automáticamente la tasa interna de retorno (TIR).

Tabla 8. Calculo de TIR y VAN

Cálculo de TIR y VAN

Nombre del proyecto:	sistema de bombeo solar			
TNA de inversión alternativa	8%			
Cantidad de Años	5			

AÑOS	FLUJO DE FONDOS		sistema de bombeo solar	0
0	-\$ 6,944.00		TIR 10%	TIR 0
1	\$ 2,000.00		VAN \$403.93	VAN \$0.00
2	\$ 2,100.00			
3	\$ 1,960.00			
4	\$ 1,800.00			
5	\$ 1,200.00			

Decisión de realizar los proyectos versus no hacerlos - comparación de TIR vs TNA de mercado

Me conviene invertir en sistema de bombeo solar dado que me da un rendimiento de 010% y el mercado de 008%

Me conviene invertir en 0 dado que me da un rendimiento de y el mercado de 008%

Decisión entre proyectos- Comparción de VAN

Me conviene invertir en sistema de bombeo solar ya que su VAN es mayor que la/el 0

A través de los resultados obtenidos por medio del cálculo del VAN y TIR se demuestra que el proyecto de instalación fotovoltaica para el riego propuesto para la finca Santa Cruz es viable dado que provee un rendimiento del 10 % lo que es superior a la tasa de retorno que es del 8 %.

Otra forma en la que se pueden observar los beneficios económicos relevantes que trae consigo este proyecto en comparación con las energías convencionales, es que se evita el pago de facturación por energía consumida mensualmente.

Beneficio Ambiental

Por medio de la realización de esta propuesta se determinó que este proyecto es de gran importancia, no solo para el ámbito económico, sino también ambiental, ya que es una fuente natural e inagotable que constituye a reducir la contaminación emitida por medio de combustibles fósiles.

Estos sistemas, contribuyen al autoabastecimiento de energía y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo, contaminación atmosférica, residuos y los derivados de su generación.

Tabla 9. Cálculo de reducción de CO₂ con la implementación del proyecto

Combustible	Consumo anual	Unidades	Factores de emisión			Poder calorífico	Unidades	Emisiones anuales (tCO ₂ eq)			Emisiones anuales (tCO ₂ e q)
			CO ₂ (ton/MJ)	CH ₄ (kg/MJ)	N ₂ O (kg/MJ)			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Diésel	3150	Litros	0.0000741	0.0000039	0.0000039	5,650	MJ/bl	8.29	0.01	0.12	8.42

En la presente propuesta se realiza el cálculo para determinar la cantidad de Emisiones de CO₂, que se reduce con la implementación del proyecto de bombeo solar presentado.

A través de la realización de este cálculo se permitió conocer que la cantidad de CO₂ que se reduciría al llevarse a cabo este proyecto es de 8.42 toneladas, es por ello que podemos decir sin duda alguna que el bombeo utilizando energía solar es favorable con el medio ambiente.

IX. CONCLUSIONES

El principal objetivo de este trabajo se alcanzó, al poder desarrollar un sistema de bombeo solar fotovoltaico para extracción de agua de estanque y su utilización para riego en la finca Santa Cruz, de la comunidad Santa Cruz, departamento de Estelí, el cual es totalmente funcional y con gran importancia para llevar a cabo las actividades de producción en la finca evitando pérdidas económicas.

Se realizaron los cálculos necesarios para obtener el sistema de bombeo solar en el cual se proyecta la instalación de una bomba de la compañía SunPumps Brushless, modelo SCS 18-105-120Y BL, la cual cumple con las necesidades de bombeo requerido para el sistema, y cuenta con un controlador de carga de fábrica con rango de voltaje nominal 75-120v, por lo cual en este proyecto se instalarán 4 módulos fotovoltaicos de 24v, con intensidad de corriente de 8.84 Amperios y con potencia de 340w cada uno, estos serán conectados en serie para obtener una potencia total de 1,360w y un voltaje de 96v.

En comparación con un sistema usado tradicionalmente, el sistema propuesto tiene un tiempo de recuperación de cinco años de la inversión inicial, que es de \$6,944.00, a través del cálculo del VAN Y EL TIR se pudo determinar que el proyecto es viable.

Con este tipo de proyectos se evita el pago de facturación por energía consumida mensualmente, ya que solamente se realizará una inversión única en la instalación del sistema y ya instalado se invertirá en mantenimientos los cuales tienen bajo costo.

Determinamos a través del estudio de impacto ambiental que se reduce 8.42 toneladas de CO₂ anual esto comparado con una bomba accionada por combustible, al utilizar energías renovables se reduce la huella de carbono ya que no se generan prejuicios para el medio ambiente.

X. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos y las conclusiones formuladas, se plantean las siguientes recomendaciones, dirigidas a sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, para contribuir con la tecnificación de la finca Santa Cruz, de la comunidad Santa Cruz, departamento de Estelí, en este caso los propietarios, interesados en mejorar el sistema de abastecimiento de agua.

1. Aprovechar más las horas sol disponibles, para potenciar el uso del sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, para contribuir al ahorro de recursos.
2. Controlar el nivel del agua del reservorio para que el tanque de almacenamiento contenga agua en caso de emergencia y para que las personas que están más alejadas tengan el servicio de agua de forma constante.
3. Elaborar un plan de Manejo del agua por cualquier problema que pueda ocurrir, ya sea una disminución del caudal o una sequía ocasionada por el cambio climático.

BIBLIOGRAFIA

- A. m. (1 de noviembre de 2017). *situación de los recursos hídricos en Centroamérica*. Obtenido de situación de los recursos hídricos en Centroamérica: <https://www.uca.edu.ni>
- Arceda, M. R., & Hernandez, A. D. (2012). *Proyecto de riego por goteo utilizando energia solar para el cultivo del aguacate en la finca ojo de agua, San Francisco Libre*. Managua.
- Barrau, J. (2009). Master en energía para el desarrollo sostenible. En J. Barrau, *Energía solar fotovoltaica* (pág. 200). Catalunya: Fundación Politécnica de Catalunya.
- Cassals, M. R. (2008). *Evaluación de Recursos Energéticos Renovables* (Segunda Edición 2008 ed.). Catalunya, Barcelona, España: Elisabet Amat, Asthriesslav Rocuts.
- Castillo Lopez, J. (2016). *Recursos Humanos*. Masaya: Planeta.
- Centeno, G. D. (2017). *Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás*. ESTELI.
- Dávila, L. E., & Centeno, Á. R. (2017). *Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás*. ESTELI.
- Fernandez Salgado, J. M. (2010). *Compendio de Energia Solar: Fotovoltaica, Termica y Termoeléctrica*. Madrid: Ediciones MUNDI PRENSA.
- García, M. (1989). *El agua - Oferta hidrica*. Obtenido de Hidrología y Recursos hídricos: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>
- Gasquet, H. (2006). *Conversión de la Energía Solar Fotovoltaica en Energía Eléctrica*. Mexico, DF: Print Mexico.
- González González, A. (Noviembre de 2011). *DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA - IES* -. Obtenido de Apuntes energía : <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/11/apuntes-energ3ada.pdf>
- Gonzalez, A. G. (2008). *Energia renovable y eficiencia energetica*. Obtenido de Apuntes-energetico: <https://www.cienciascanaria.es>
- GONZÁLEZ, A. N. (11 de Febrero de 2009). <https://www.elblogsalmon.com/>. Obtenido de <https://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-son-el-van-y-el-tir>
- GPW. (noviembre de 1 de 2017). *Asociacion mundial para la salud*. Obtenido de Asociacion mundial para la salud: <https://www.uca.edu.ni/noticias>
- Hernandez, R. . (04 de marzo de 2010). *Metodologia de la investigacion*. Obtenido de Metodologia de la investigacion 5ta edicion: <https://pensamientosde sistemas aplicados.blogspot.com>
- Idainature. (17 de 2 de 2017). *Agricultures*. Obtenido de <https://agriculturers.com/conceptos-basicos-sobre-demanda-de-agua-de-los-cultivos/>

- Intertek. (26 de Diciembre de 2019). <https://www.intertek.es>. Obtenido de <https://www.intertek.es/medioambiente/emisiones-co2/calculo-de-emisiones-dioxido-de-carbono/>
- lagartillo", ". d. (2016). *MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta* . ESTELI.
- Lanuza, G. D. (2017). *Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato*. Esteli.
- Lorentz. (15 de Agosto de 2016). *Lorentz: Aplicaciones de agua potable*. Obtenido de <https://www.lorenz.de/es/aplicaciones/agua-potable.html>
- Lucas, F. S. (2012). Obtenido de <http://fundacion san lucas -nicaragua.jimdo.com/>
- Lucas, F. S. (2012). *Fundacion* . Obtenido de Fundacion: <http://fundacion san lucas - nicaragua.jimdo.com/>
- Lucas, F. S. (2012). *Fundacion San Lucas*. Obtenido de Fundacion San Lucas : <http://fundacion san lucas - nicaragua.jimdo.com/>
- Lucas, F. S. (2012). *Fundacion san Lucas* . Obtenido de Fundacion San Lucas: <http://fundacion San Lucas- nicaragua.jimdo.com/>
- Lucas, F. S. (2012). *Fundacion San Lucas* . Obtenido de Fundacion San Lucas: anaac.org.ni
- Meah, K., Ula, S., & Barrett, S. (2006). Solar photovoltaic water pumping—opportunities. *ELSEVIER*, 14.
- Mendoza, H. S. (2010). *Metodologia de la investigacion*. Mexico: Mcgranw-Hill.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos* (Sexta edición ed.). Ciudad Juárez, México: PEARSON Educación.
- ONU, O. d. (18 de marzo de 2019). *Naciones Unidas* . Obtenido de Naciones Unidas : <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Paneles Solares Flexibles. (15 de Agosto de 2011). TECNOSOL. *TECNOSOL Energia en sus manos* , 1.
- Peralta, M. L. (2016). *Modelo de evaluación integral sostenible para los sistemas de bombeo solar fotovoltaicos en comunidades rurales El limón y El lagartillo*. ESTELI.
- pimerisima, r. I. (2010). Prodesec del IDR beneficia a pequenos productores de las zonas de Leon y Chinanfega.
- Posorky, R. (1996). "Photovoltaic water pumps, an attractive tool for rural drinking water supply". *Solar Energy*, 58, 155-163.
- PRODESC, I. (mayo de 2010). *Instituto de desarrollo rural*. Obtenido de Instituto de desarrollo rural: www.radiolaprimerisima.com
- Rivas, D. A., & Blandón, J. A. (Septiembre de 2014). *Estudio de preinversión de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del Municipio de Jinotepe*. Managua.
- Sanchez Marquez, M. O. (2010). La entrevista.

Sandia National Laboratories (SNL). (2001). Guía para el Desarrollo de Proyectos de Bombeo de agua con Energía Fotovoltaica . 1, 36.

Sitio solar. (15 de Agosto de 2016). *Paneles solares fotovoltaicos*. Obtenido de <http://www.sitiosolar.com/los-paneles-solares-fotovoltaicos/>

sustentables, T. y. (30 de 6 de 2019). *Tecnología y Materiales Sustentables S.A. de C.V.* Obtenido de <https://www.tmsmx.com/informacion/sistema-fotovoltaico/aislado>

Tipos de paneles. (15 de Agosto de 2016). *Energía solar ventajas y desventajas*. Obtenido de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2014/07/24/tipos-de-paneles-solares-ventajas-y-desventajas/>

Vicente González, E. V. (2009). *Componentes del sistema fotovoltaico, Energía Solar Fotovoltaica*. Catalunya, Barcelona, España: Asthriesslav Rocuts, Elisabet Amat.

ANEXOS



Figura 11. Estanque de captación de agua



Figura 9. Medición del sistema de captación



Figura 12. Medición del sistema de captación



Figura 14. Medición del sistema de captación

ANEXOS



GUÍA DE ENTREVISTA

Propuesta de un sistema de bombeo solar

Lugar: Comunidad de santa cruz Fecha: 05/09/19 Hora: 10:00Am

Entrevistadores: Jorge Geisell y Noé Entrevistado: HANDER HERRERA

Objetivo de la Entrevista: Conocer la problemática a la que se enfrenta la finca debido

Características de la entrevista: La información suministrada será utilizada con la finalidad de generar un diagnóstico de los mini acueductos implementados por la Fundación Familias Unidas, en el municipio de Estelí.

PREGUNTAS

1. ¿Tiene conocimientos sobre el uso del sistema de bombeo solar?

R=Si tengo un poco de conocimiento acerca del tema

2. ¿Tiene algún interés en desarrollar un sistema de bombeo a través de energía solar?

R=Si, pero primeramente me gustaría tener más información acerca de cuanto seria el costo de un sistema de este tipo.

3. ¿Cuál sería el cultivo que desea abastecer si se llegara a decidir en instalar dicho sistema Y por qué?

R=El cultivo de la lechuga, ya que tengo un mercado al cual ofrecer ese producto

4. ¿Actualmente Ud. recibe ayuda de alguna organización que le brinde apoyo para mejorar la producción de sus cultivos?

R=Si cuento con el apoyo de proyecto de plan integral impulsado por el gobierno central y la alcaldía de Estelí

5. ¿Llevan algún control sobre la cantidad necesaria de agua para el área de cultivo de la lechuga?

R= No

6. ¿Cuántas horas al día riega la plantación de lechuga?

R=Se riega dos veces al día, media hora por la mañana y media hora por la tarde.

7. ¿Pretende cosechar otro tipo de cultivo aparte de la lechuga?

R= si eso depende de la demanda y el precio de compra del mercado.