



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Tecnología

**Propuesta de un sistema fotovoltaico para la alimentación de la bomba desalinizadora modelo ps- ro 1018 de agua de mar para la finca el Tiangué ubicada en el municipio del Tránsito, León en el primer semestre del año 2021.**

Seminario de Graduación para optar al título de Ingeniero Electrónico

Autores: Br. Ruddy José Martínez López

Br. William José Sánchez Pérez

Asesor Tecnológico: Msc. Reynaldo Espino

Tutor: Msc. Milcíades Delgadillo

Managua, junio 2021





UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Tecnología

**Propuesta de un sistema fotovoltaico para la alimentación de la bomba desalinizadora modelo ps- ro 1018 de agua de mar para la finca el Tiangue ubicada en el municipio del Tránsito León en el primer semestre del año 2021.**

Seminario de Graduación para optar al título de Ingeniero Electrónico

Autores: Br. Ruddy José Martínez López

Br. William José Sánchez Pérez

- Asesor Tecnológico: Msc. Reynaldo Espino
- Tutor: Msc. Milcíades Delgadillo

Managua, junio 2021

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres y amigos que Dios ha puesto en mi camino para apoyarme en el desarrollo de mis actividades académicas y a los maestros que estuvieron para dar dirección y consejo oportuno para el buen desempeño de mi trabajo como profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en especial a los docentes que estuvieron en cada asignatura de mi carrera, me siento satisfecho por la labor que realizan en mi alma mater UNAN- Managua, muchas gracias docentes.

## **CARTA DE APROBACION DEL TUTOR**

## RESUMEN

Por la falta de agua para el riego agrícola dependiente del sistema de abastecimiento de agua potable por la alcaldía, teniendo en cuenta esta situación nace la importancia de realizar un proyecto de ingeniería en el cual se pueda seleccionar y rediseñar un sistema eléctrico para bombeo de agua de riego, óptimo para el abastecimiento y el desarrollo agropecuario de la finca el Transito del departamento de León ubicada a unos 60 Km de Managua donde hay accesibilidad de vehículos para llegar a la finca el tiangué.

Realizamos la propuesta detallando el lugar que posee un clima seco por pertenecer al corredor seco donde se propone el proyecto de desalinización de agua a través del método de osmosis inversa alimentado con energía fotovoltaica donde se instalaran paneles solares para transformar la luz de sol en energía eléctrica donde se enviara a un regulador de voltaje para posteriormente almacenarla en un banco de baterías para después transformarla a través de un inversor en energía AC.

Dado que la potencia (2.2 KW/h consumo de la bomba desaladora) es conocida y el caudal de servicio que se instalara, también se puede calcular de forma numérica el valor del consumo eléctrico total del sistema FV.

La técnica de osmosis inversa es la que tiene el mayor poder de retención, que alcanza hasta no permitir el paso de las sales monovalente disueltas, del orden de hasta los 10 A. en el caso del NaCl llega hasta el 99% de retención, y en la retención de compuestos de bajo peso molecular dependerá de la naturaleza y estructura de la membrana.

En general del 95 al 99 % de los materiales disueltos en el agua pueden ser eliminados dependiendo del abastecimiento del agua de entrada. El agua limpia producida puede estar entre 25,000 y 500,000 ohm/cm de conductividad. El agua residual o concentrada es entonces enviada al drenaje. Las membranas no se ensucian y solo necesitan ser limpiadas sobre una base anual, dependiendo de las condiciones del agua de entrada.

La propuesta consiste en una bomba desalinizadora alimentada por un sistema fotovoltaico solar desconectada del sistema comercial con un almacenamiento de 40 kW, el Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo.

El VPN permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión además de determinar los ingresos generados por año para la recuperación de la inversión.

El cálculo del VPN se realiza utilizando la ecuación VPN. La interpretación del VPN se estima de la siguiente manera: si el valor del  $VPN < 0$ , es decir, si es negativo, significará que no se justifica la inversión en este proyecto; si el  $VPN > 0$ , es decir, si es positivo, será viable dicha inversión.



## Contenido

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
CARTA DE APROBACION DEL TUTOR .....	v
RESUMEN .....	vi
1. INTRODUCCION .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
4. JUSTIFICACION .....	5
5. OBJETIVOS .....	6
5.1 Objetivo general: .....	6
5.2.1 Objetivos Específicos: .....	6
6. MARCO TEORICO.....	7
6.1. Instalación fotovoltaica aislada .....	7
6.2. Energía Solar .....	7
6.3. Unidad de medida.....	7
6.3.1 <i>La radiación solar</i> . .....	8
6.3.2 <i>El Watts pico (WP)</i> . .....	9
6.4. Fenómeno Fotovoltaico.....	10
6.4.1. Juntura N-P.....	11

6.4.2. La radiación difusa .....	11
6.4.3 La radiación de albedo.....	12
6.4.4 Irradiaciones sobre superficies .....	12
6.4.5 Energía fotovoltaica.....	12
6.4.6 Paneles solares .....	12
6.4.7 Soporte para módulos fotovoltaicos.....	13
6.4.8 celdas fotovoltaica.....	14
6.4.9. Celdas de Silicio Monocristalino y Policristalino .....	14
6.4.10 Inversores (Transformadores de DC a AC).....	16
6.4.11 Protección contra sobre corrientes (fusibles). .....	16
6.4.12 Energía renovable .....	17
6.4.13 Bloque de generación .....	18
6.4.14 Bloque de acumulación .....	18
6.5 Baterías.....	18
6.5.1. Banco de baterías.....	18
6.5.2. Regulador de carga. ....	18
6.6 Fusibles o llaves de protección.....	18
6.6.1 Medidor de carga. ....	18
6.6.2 Bloque de carga .....	18
6.7 Inversor .....	19

6.7.1. Sistemas fotovoltaicos aislados .....	19
6.7.2 Cableado .....	21
6.7.3 Determinación del perfil de carga .....	22
6.8. Estimación del consumo.....	22
6.8.1 Estimación de pérdidas.....	23
6.8.2 Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos .....	24
6.8.4 Dimensionamiento de la cantidad de paneles fotovoltaicos: .....	25
6.9 Dimensionamiento del inversor .....	28
7. DISEÑO METODOLOGICO .....	30
7.1 Tipo de estudio .....	30
7.2 Área de estudio.....	30
7.3 Población y Muestra.....	30
7.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	30
7.5 Procedimientos para la recolección de datos e información. ....	30
7.6. Variables.....	31
7.7. Plan de procesamiento y análisis de datos.....	32
8. DESARROLLO.....	33
8.1 Realizar un diagnóstico de las características del sitio donde se implementará el sistema desalador alimentado por energía fotovoltaica. ....	33
8.1.1 diagnóstico de la situación actual.....	33

8.1.2.1 Estructura que se utilizara para el factible filtro sumergible .....	35
8.1.3 Diagnóstico de las características del sitio donde se implementará el sistema ...	36
8.1.5 <i>Estimación del consumo de los equipos que serán instalado.</i> .....	36
8.1.5.1 Riego por goteo.....	37
8.1.6 <i>Diseño para un sistema aislado.</i> .....	39
8.1.7 Determinación de la tensión nominal de la instalación.....	40
<b>8.1.4 Cálculo de la energía consumida diariamente</b> .....	40
8.1.8 Estimación de pérdidas se calcula con las condiciones.....	41
8.1.9 Calculo de la eficiencia .....	41
8.1.10 <i>Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles.</i> .....	41
8.1.11 <i>Insolación a lo largo del año para el ángulo de inclinación.</i> .....	42
8.1.12 Efecto fotovoltaico. ....	44
8.2 Diseñar sistema fotovoltaico para el proceso de generación de energía para la planta desalinizadora de agua de mar a través del proceso de osmosis inversa. ....	45
8.2.1 Electricidad consumida por la bomba desaladora. ....	45
8.2.2 Determinar la tensión nominal de la instalación. ....	46
8.2.3 Evaluación de las pérdidas de sistema.....	46
8.3 Selección del inversor. ....	46
8.3.1 <i>Dimensión de los paneles fotovoltaicos</i> .....	47
8.3.2 Energía extra de recuperación por pérdida.....	48

8.3.3 Cantidad total de paneles.....	49
8.3.4 Dimensionamiento del banco de baterías .....	50
8.3.5 Descripción de tiempo de vida de las baterías.....	51
8.3.5.3 <i>Cantidad de baterías en serie</i> .....	52
8.4 Selección del regulador MTTP .....	53
8.4.1 Máxima corriente de carga y descarga .....	54
8.4.2 Dimensionamiento y cálculo del inversor .....	54
8.4.3 Diagrama de bloque del sistema fotovoltaico.....	55
8.5 Dimensionamiento del regulador de carga MPPT .....	56
8.6 Selección de los conductores .....	57
8.7. <i>Equipo de bombeo fotovoltaico.</i> .....	58
8.7.1. <i>Ventajas de la bomba solar</i> .....	58
8.7.2. <i>Desventajas del bombeo solar</i> .....	59
8.7.3. <i>Aplicaciones del bombeo solar.</i> .....	59
8.7.4. <i>Especificaciones de la bomba</i> .....	59
8.7.5. <i>Condiciones físicas generales</i> .....	60
8.7.6. <i>Nivel general de estado de tuberías</i> .....	60
8.7.7. <i>Análisis hidráulico en un sistema de bombeo de agua.</i> .....	61
8.7.8. <i>Osmosis inversa</i> .....	61
8.7.9. <i>Descripción del proceso</i> .....	62

8.7.10. <i>La bomba desaladora ps-ro 1018 utiliza una filtración por membrana.</i> .....	62
8.7.11. Mantenimiento de la instalación.....	63
8.7.12. Mantenimiento preventivo.....	64
8.8 Analizar la factibilidad de la propuesta del sistema fotovoltaico.....	65
8.8.1 Porque el dueño de la finca ve factible el proyecto.....	65
8.8.2 Accesorios y estructura de los paneles .....	69
8.8.3 <i>Estimación de costos</i> .....	70
8.8.4 Producción Anual Energética .....	72
8.8.5 Definir el consumo diario .....	73
8.8.6 Cálculo del consumo real .....	73
8.8.7 Consideraciones legales de sistema fotovoltaico en Nicaragua .....	74
8.8.7.1 <i>Proyección de generación</i> .....	76
9. CONCLUSIONES .....	79
10 RECOMENDACIONES.....	80
11. BIBLIOGRAFIA .....	81
12. ANEXOS .....	85
12.1 Datos de radiación.....	86
Inversor .....	88
Controlador de carga.....	89

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Esquema de transformación de energía (Tituaña, 2016).....	1
Ilustración 2 radiación sobre un plano inclinado (Alvares, 2014).....	8
Ilustración 3 Ilustración 5 HSP durante día nublado y normal (Quintero, 2018).....	10
Ilustración 4 cristal de silicio puro (Quintero, 2018).....	11
Ilustración 5 Conexión en serie (Maldonado y Jarquín, 20106).....	13
Ilustración 6 Estructura de soporte para paneles (Quintero, 2018) .....	13
Ilustración 7 Celda fotovoltaica (Maldonado y Jarquín, 2016) .....	14
Ilustración 8 Esquema de almacenamiento (Tituaña, 2016).....	15
Ilustración 9 Sistemas fotovoltaico aislado (Quintero, 2018) .....	19
Ilustración 10 Localización de la finca el tiangue, área de filtro y área de riego fuente de Google earth .....	33
Ilustración 11 Localización del punto de extracción de agua de mar a la bomba desaladora y al punto de riego fuente de Google Earth .....	34
Ilustración 12 Ubicación de la planta y el área a ocupar extraído de Google earth .....	34
Ilustración 13 Mediciones del sitio de instalación de la desaladora Fuente Google earth ...	35
Ilustración 16 sistema aislado elaboración propia .....	39
Ilustración 17 Inclinación (Yuba, 2015).....	42
Ilustración 18 Efecto fotovoltaico (Mery y Vacarezza, 2008) .....	45
Ilustración 19 Esquema de sistema fotovoltaico (Mery y Vacarezza, 2008) .....	55
Ilustración 20 Conexión de SFV fuente propia .....	56
Ilustración 21 Controlador de carga (wipanda, 2018) .....	57
Ilustración 22 Bomba desaladora de agua fuente .....	59
Ilustración 23 Panel Solar Fuente propia.....	68
Ilustración 24 Mapa de radiación solar extraída de Google .....	76
Ilustración 25 Foto del lugar fuente propia .....	85
Ilustración 26 Distancia del punto de la desalinizadora al punto de riego .....	85
Ilustración 27 Imagen de radiación solar.....	86
Ilustración 28 Características de las baterías .....	87
Ilustración 29 inversor fuente .....	88
Ilustración 30 Inversor.....	89
Ilustración 31 Sistema de desalador fuente propia .....	91
Ilustración 32 Sistema de desalador fuente propia .....	91

## Índice de Tablas

Tabla 1 Tecnología fotovoltaica.....	16
Tabla 2 de utilización de áreas de riego .....	36
Tabla 3 Tabla de consumo de equipos.....	37
Tabla 4 Consumo de área de trabajo por horas .....	37
Tabla 5 Tabla de área de terreno a utilizar en la instalación .....	39
Tabla 6 Tipo de cultivo que pueden ser regadas en la media manzana.....	39
Tabla 7 Insolación anual.....	44
Tabla 8 Descripción del panel fotovoltaico 96 cell BSM480M-96.....	47
Tabla 9 Tensiones nominales del banco de batería .....	53
Tabla 10 Potencia de consumo en KW y equipos a utilizar .....	65
Tabla 11 Modelos de diferentes paneles fotovoltaicos.....	67
Tabla 12 Especificaciones del inversor .....	68
Tabla 13 Presupuesto del proyecto.....	71
Tabla 14 Generación fotovoltaica.....	76
Tabla 15 Característica del inversor .....	88
Tabla 16 Característica del controlador de carga .....	89
Tabla 17 Característica de la bomba desaladora .....	90



## 1. INTRODUCCION

La falta de agua para riego agrícola no depende del sistema de abastecimiento de agua potable por la alcaldía, teniendo en cuenta esta situación nace la importancia de realizar un proceso de ingeniería en el cual se pueda seleccionar y rediseñar un sistema eléctrico para bombeo, óptimo para el abastecimiento del agua para el desarrollo agropecuario de la finca.

El origen del proyecto, nace debido a la problemática que presenta el municipio el Transito frente al proceso de suministro de agua potable para riego agrícola, ya que no es continuo y es poco eficiente; esto se debe a las deficiencias en los procesos de captación, transporte y disposición de agua; el suministro del municipio, está por debajo de 8 horas diarias en el área local, con interrupciones permanentes del servicio por lo deficiente del sistema.

Nicaragua es uno de los países de Centroamérica que tiene una alta disponibilidad de radiaciones solares durante un año en Nicaragua, el sol emite en superficie horizontal un promedio de 1742 Kwh. de energía. Esto permite que el occidente de Nicaragua comprendida por las ciudades de León y Chinandega, tenga una gran ventaja natural, que sirve como fortaleza para la generación de la energía eléctrica.



*Ilustración 1 esquema de transformación de energía (Tituaña, 2016)*

La energía solar, es obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La energía fotovoltaica es una de las energías renovables que se presentan como una alternativa a las fuentes tradicionales como los combustibles fósiles, especialmente desde que instituciones públicas como el estado español o diversas comunidades autónomas y municipios ofrezcan subvenciones para facilitar su instalación. (Soliclima, 2005)

El acceso a la energía eléctrica es un componente significativo en el desarrollo de la humanidad donde hoy en día la generación de la energía eléctrica depende en gran medida de los recursos fósiles disponibles y la posibilidad de acceso a la red eléctrica.

Se ha calculado que la potencia de irradiación del sol es de  $200 \times 10^{12}$  más kW. Que la potencia total de todas las centrales de cualquier tipo, funcionando actualmente en la tierra. En un solo segundo, el sol irradia más energía que la que ha consumido en toda su historia la humanidad. (Soliclima, 2005)

Durante distintas décadas, el desarrollo de las poblaciones ha dependido estrictamente de la capacidad de uso de combustibles fósiles para la obtención de energía eléctrica, lo que ha provocado un gran impacto negativo al medio ambiente con respecto a las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en la atmosfera.

Una instalación fotovoltaica aislada es un sistema de generación de corriente sin conexión a la red eléctrica que proporciona energía procedente de la luz del sol. (López, 2020)

De manera sencilla y resumida, el proceso se da cuando los fotones (una de las partículas que componen la luz) impactan sobre el panel solar, concretamente, contra el silicio del que está compuesto. Al impactar, los fotones bombardean a los átomos de silicio, rompiendo los electrones y liberando algunos de ellos que serán los que generen la corriente eléctrica. (El proceso es mucho más complejo que este, pero para los principiantes, esta explicación es más que suficiente para entender el funcionamiento). (Endef, 2017)

Este sistema de paneles solares aislado es ideal para regiones donde la conexión a la red eléctrica es muy complicada y al mismo tiempo sumamente necesitado, en algunos lugares del país, en donde el uso de energía eléctrica comercial no es apta para el desarrollo económico del agricultor. (López, 2020)

## 2. ANTECEDENTES

Jiménez et al (2013) tuvo el objetivo de diseñar una instalación desaladora de agua de mar mediante la aplicación de la tecnología de ósmosis inversa y abastecida con energía solar fotovoltaica. Asimismo, se realizó el diseño y cálculo de los sistemas y equipos instalados en la misma para su correcto funcionamiento y abastecimiento a la población. La instalación desaladora se localiza en la isla canaria de Lanzarote (España).

En el pueblo de la isla canaria la desaladora tendrá una capacidad de producción de  $67,75 \frac{m^3}{h}$  de agua se realizaron alternativas actuales con las aguas desaladas para consumo urbano, turístico e industrial. (Jimenez y Ibarra, 2020, pág. 84)

(Gonzales et al 2009) realizó el proyecto de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica en la comunidad de los remedios del municipio de Chichigalpa para brindar el servicio de agua potable a los habitantes de las zonas rurales donde no existe el suministro de energía eléctrica.

En la comunidad del municipio de Chichigalpa se realizó la instalación de un sistema de bombeo solar en el cual se beneficiaron 180 familias, este sistema fue realizado en cooperación con una organización canadiense la empresa enicalsa ejecuto el proyecto.

El proyecto consistió en la instalación de un generador solar fotovoltaico capaz de mover una bomba sumergible colocada en el interior de un pozo ubicado en el centro de la comunidad a orillas del río. (Gonzales y Lanuza, 2020, pág. 3)

(GHA et al 2001) ejecutó un proyecto de trabajo de alianza global de salud, una organización de desarrollo cuyo trabajo en la comunidad de Aguas Zarca, en el departamento de Sebaco, Matagalpa instalaron un sistema de electricidad fotovoltaica para el abastecimiento de agua potable en la comunidad y un refrigerador solar en el centro de salud.

El proyecto incluyo un sistema de distribución basado en la gravedad. El agua era extraída de un pozo, para ser almacenada en un tanque de concreto. (Gha, 2020, pág. 4)

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El precio de la energía a base de petróleo o de bunker, produce altos costos en la producción en todos los sectores de la economía nacional, tiene un impacto significativo en el sector agropecuario, por las condiciones de nuestro país que es predominantemente una zona seca en este sector del país, esta situación genera incapacidad para ser competitivo en los mercados que exigen productos de alta calidad.

El problema actual en la finca el Tiangué (Municipio del Tránsito, León) es el desabastecimiento de agua para el riego, no es eficiente debido a la escasez de agua en tiempos de verano ya que llega dos veces por semana. De acuerdo a la necesidad que hay en el lugar tenemos la satisfacción de proponer con la tecnología que hoy en día existe un sistema fotovoltaico para mejorar las necesidades del problema de escases de agua que presentan actualmente en la finca el Tiangué. El propósito fundamental de utilizar tecnología, es de mejorar la necesidad y evitar el gasto en el que el dueño puede incurrir semanalmente.

El sistema actual para la alimentación de la bomba desalinizadora puede generar altos costo de consumos en energía eléctrica, este principal problema que generaría unos gastos económicos al dueño, pueden ser superados con la tecnología fotovoltaica que producen electricidad a partir de la radiación de la luz de sol.

Estos gastos económicos y de tiempo perdido en verano deja grandes pérdidas tanto en el cultivo y pasto el cual en invierno genera ganancias para sustentar otras necesidades del propietario, además que es un recurso inagotable que no contamina el medio ambiente y que cubre el planeta casi en su totalidad que permiten la instalación de esta tecnología en sitios tanto urbanos como rurales. Podría mejorar la capacidad de riego el sistema de desalinización alimentada con energía fotovoltaica.

#### **4. JUSTIFICACION**

El agua es un recurso fundamental y de suma necesidad para las actividades agrícolas como agropecuaria. No obstante, se requiere de un aprovechamiento óptimo, considerado su escasez en algunas zonas del departamento de León (finca el tiangué).

Con la introducción de nuevas tecnologías de sistema de riego, almacenamiento del vital líquido para una mejor gestión en las actividades agrícola, una solución viable es tecnificar la finca y hacer instalaciones eléctricas para alimentar una bomba desalinizadora para poder extraer agua de mar y que solo trabaje con energía solar.

En la comunidad el Tránsito del departamento de León no se ha realizado un proyecto de esta naturaleza e implementación de energía renovable, por lo que marcaría una diferencia en comparación con el sistema convencional de energía comercial para su funcionamiento además abriría las puertas, para la implementación de proyectos que utilicen energía alternativa.

Por lo tanto, se elabora la propuesta del proyecto con el objetivo que la gestión de riego agrícola de ½ manzana sea a través de goteo y abastecido a través de la desalinización de agua de mar el cual constara de un uso energético renovable (energía solar).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general:**

- Proponer un sistema fotovoltaico para la alimentación de la bomba desalinizadora modelo ps- ro 1018 de agua de mar para la finca el Tiangué ubicado en el municipio el Tránsito, León en el primer semestre del año 2021.

### **5.2.1 Objetivos Específicos:**

- Realizar un diagnóstico de las características del sitio donde se implementará el sistema desalador alimentado por energía fotovoltaica.
- Diseñar sistema fotovoltaico para el proceso de generación de energía para la planta desalinizadora de agua de mar a través del proceso de osmosis inversa.
- Analizar la factibilidad de la propuesta del sistema fotovoltaico para la alimentación de la planta desalinizadora.

## **6. MARCO TEORICO**

### **6.1.Instalación fotovoltaica aislada**

Los sistemas FV aislados, dependen de la energía obtenida de los paneles y de las baterías. Además, para evitar que por cualquier eventualidad el sistema se quede sin energía, se suele complementar estos sistemas con generadores. (Tituaña, 2016)

### **6.2.Energía Solar**

El sol ha marcado la vida de los pueblos a lo largo de generaciones ya desde siempre los indígenas han adorado al sol, venerándolo incluso como un Dios por su poder, más allá del energético como es el caso de los aztecas de ahí que en ciudades construidas antes de la colonización española como el caso de Sutiaba, tengan la distribución de sus calles de este a oeste el Sol es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6000 °C y se encuentra a una distancia de 149, 490,000 Kilómetros de la tierra.

La fuente energética solar es gratuita y representa en la escala humana de tiempos una fuente energética del todo renovable, inagotable y permanente lo que es una ventaja enorme frente a la agotabilidad calculada en el corto plazo del carbón, del petróleo y sus derivados. (Aguilar. Granera y Gutierrez, 2020)

La energía solar fotovoltaica (ESFV) constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades de la vida.

Así teniendo al sol como principal fuente de energía de nuestro planeta, que dicha energía se utiliza por la naturaleza en todos sus procesos, es lógico se apliquen soluciones con la colocación de los paneles solares constituidos por celdas fotovoltaicas, de manera eficiente transformar la radiación solar en energía eléctrica. (Carballo, 2016)

### **6.3.Unidad de medida**

Para determinar el valor de la radiación total de un lugar, se utilizan diferentes unidades, el Kilo-watt-hora por metro cuadrado (KWh/m<sup>2</sup>), el Mega joule por metro cuadrado (MJ/m<sup>2</sup>) o unidades de calor como calorías por metro cuadrado (Cal/m<sup>2</sup>) o BTU/ft<sup>2</sup>.

(Kilo-watt-hora por metros cuadrados)

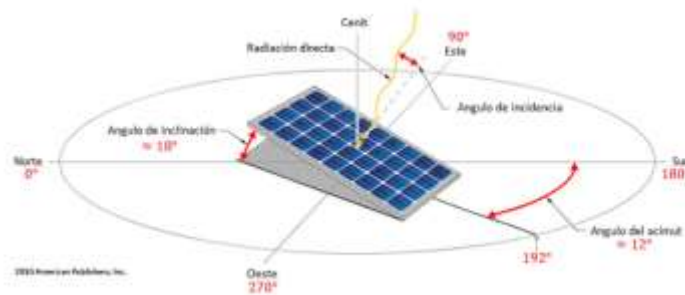
$$\begin{aligned} 1KWh/m^2 &= 3.61MJ/m^2 \\ (1) \quad 1KWh/m^2 &= 860Cal/m^2 && \text{(Salamanca-Ávila, 2017)} \\ &317.02BTU/ft^2 \end{aligned}$$

### 6.3.1 La radiación solar.

La tasa a la cual la radiación es recibida por una superficie por unidad de área se denomina irradiancia, la misma que se expresa en unidades de potencia por unidad de área,  $W/m^2$ . La cantidad de radiación recibida por una superficie por unidad de área durante un determinado período se denomina irradiación y se expresa en unidades de energía por unidad de área,  $Wh/m^2$ .

La radiación solar puede ser estimada para un determinado plano, ya sea horizontal, inclinado o normal a los rayos solares. La radiación solar en plano horizontal representa la radiación solar incidente sobre una superficie horizontal.

Si se considera un plano inclinado, la radiación solar representa la radiación solar incidente sobre una superficie inclinada.



*Ilustración 2 radiación sobre un plano inclinado  
(Alvares, 2014)*

Bajo condiciones de atmósfera limpia, sin ningún proceso óptico y estando el sol en el cenit, la irradiancia máxima que un captador podría recibir es de  $1,000 W/m^2$  como valor promedio normalizado.

Para un día despejado, la componente recibida mayormente en el captador es la directa, mientras que, en un día nublado, es la componente difusa, ya que la radiación directa es obstruida por las nubes.



Con el fin de proporcionar un estándar en la industria FV, los fabricantes de paneles han adoptado por definir una nueva unidad llamada sol, para determinar la máxima potencia eléctrica de salida de un panel FV. (Quintero, 2018)

$$(2) \quad 1\text{SOL} = \frac{1\text{KW}}{\text{m}^2} = \frac{100\text{mW}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Quintero, 2018})$$

### **6.3.2 El Watts pico (WP).**

Es la máxima potencia que puede recibir un panel fotovoltaico y el que coincide con una intensidad de radiación constante de 1000W/m<sup>2</sup> o 100mW/cm<sup>2</sup> a una temperatura de 250C°.

### **6.3.3 La hora solar pico (H.S.P).**

Es la cantidad de horas de sol con una intensidad de radiación de 1000W/m<sup>2</sup> y que incide sobre la superficie del módulo solar.

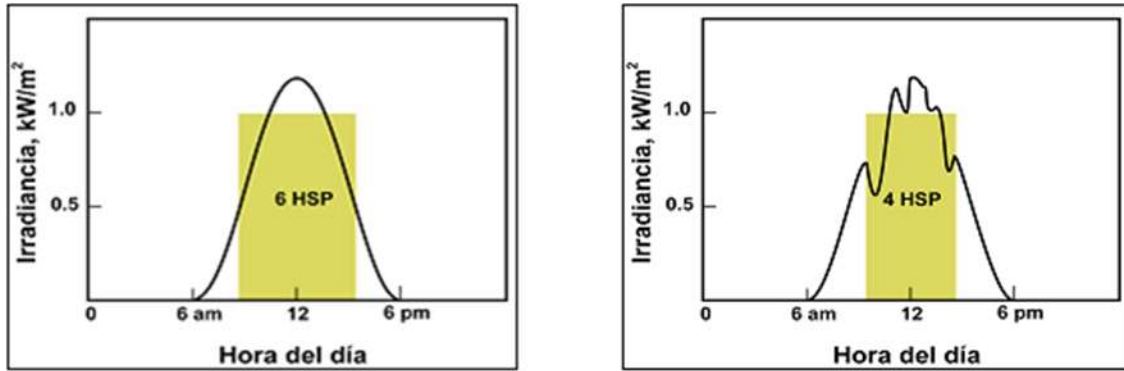
Para dimensionar sistemas Fotovoltaicos, es necesario conocer la insolación diaria promedio para cada mes del año. La insolación diaria promedio comúnmente se expresa en horas solares pico (HSP). 1kWh/m<sup>2</sup> es igual a 1 HSP.

No se debe confundir las HSP con las “horas de luz”, que corresponde a la duración del día. Las HSP y no las horas de luz son relevantes para el diseño del sistema fotovoltaico. La insolación diaria promedio varía entre 3 y 7 HSP dependiendo del lugar.

Los factores más importantes que afectan la irradiancia e insolación son las condiciones atmosféricas, la latitud del lugar, la época del año y la inclinación de la superficie captadora, que en este caso es el arreglo fotovoltaico. (Quintero, 2018)

En la ilustración se observa el comportamiento del valor de la irradiancia según las horas del día. Es claro que los mayores niveles de irradiancia ocurren alrededor de las 12 md.

En la ilustración se muestra cómo disminuyen las HSP durante un día nublado, si bien se mantienen altos niveles de irradiancia alrededor de las 12md, se presentan variaciones de altos y bajos.



*Ilustración 3 Ilustración 5 HSP durante día nublado y normal (Quintero, 2018)*

#### **6.4.Fenómeno Fotovoltaico**

Existen ciertos materiales, que al absorber un determinado tipo de radiación electromagnética generan en su interior pares de cargas positivas y negativas. Si la radiación electromagnética es la solar, y el material es un semiconductor tal como el silicio (Si), los pares de carga son electrones (e-) y huecos (h+) que una vez producidos se mueven aleatoriamente en el volumen del sólido.

Si no hay ningún condicionante externo ni interno, las cargas de signos opuestos se recombinan, neutralizándose mutuamente. Por el contrario, si mediante algún procedimiento se crea en el interior del material un campo eléctrico permanente, las cargas positivas y negativas serán separadas por él.

Esta separación, conduce al establecimiento de una diferencia de potencial entre dos zonas del material, que, si son conectadas entre sí mediante un circuito externo, al mismo tiempo que la radiación electromagnética incide sobre el material, darán origen a una corriente eléctrica que recorrerá el circuito externo.

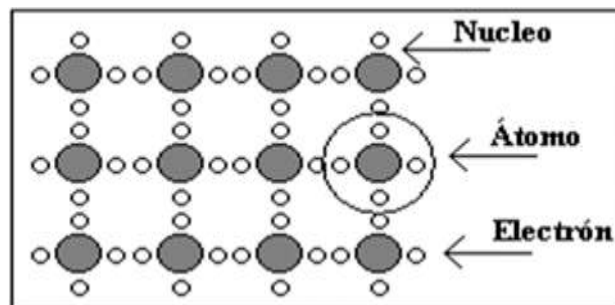
Este fenómeno, se conoce como efecto fotovoltaico y es el fundamento en el que se basan las celdas fotovoltaicas. (Quintero, 2018)

Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor, para que así puedan circular dentro del sólido. Parte de estos electrones salen del material semiconductor, generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.

El campo eléctrico interno local, se crea siempre que se ponen en contacto un semiconductor tipo N con otro tipo P, es decir, donde existe una unión N-P. El semiconductor tipo N, tiene un exceso de cargas negativas (electrones), mientras que en el semiconductor tipo P, predominan las cargas positivas. El espacio que existe entre ambas zonas, se llama juntura N-P.

#### 6.4.1. Juntura N-P

Peña explica que los semiconductores como el silicio actúan como aislante cuando están muy fríos, pero conducen la corriente cuando se calientan. Esta característica se debe a que cada átomo de silicio tiene cuatro electrones en la capa exterior, que participan con otros electrones de los átomos vecinos en la formación de los enlaces que mantienen unido al cristal. (Quintero, 2018)



*Ilustración 4 cristal de silicio puro (Quintero, 2018)*

#### 6.4.2. La radiación difusa

La radiación difusa es la que se recibe del sol, después de ser desviada por dispersión atmosférica. Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul.

De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro, aun de día, como sucede por ejemplo en la luna. La radiación que proviene de objetos terrestres es la radiación terrestre. Se conoce como radiación total, la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre una superficie.

Un caso particular, pero de mucho interés práctico en el estudio de la energía solar, es el medir la radiación total sobre una superficie horizontal "viendo" hacia arriba. En este caso puede considerarse que no existe radiación terrestre y se conoce también como radiación global es la suma de la directa más la difusa. (Mavo, 2001)

#### **6.4.3 La radiación de albedo**

Que procede de la reflexión del suelo depende del tipo de suelo y es mayor cuanto más claro sea el color del mismo. (Aguilar. Granera y Gutierrez, 2020)

#### **6.4.4 Irradiaciones sobre superficies**

La radiación que llega a un determinado lugar depende de muchos factores: las condiciones ambientales en el mundo, el clima, la geografía, la época del año el término radiación se utiliza generalmente en sentido genérico.

La energía incidente sobre una superficie por unidad de tiempo y de área se denomina irradiancia, y se mide normalmente por vatios en metros cuadrados ( $W/m^2$ ).

#### **6.4.5 Energía fotovoltaica**

La palabra Fotovoltaica significa producir un voltaje debido a los fotones (partículas de luz), tales como los fotones del sol los electrones son excitados por las partículas de luz (fotones) y encuentran en el circuito eléctrico que se le conecte al camino más fácil por donde circular así, las celdas fotovoltaicas o celdas solares toman estos electrones excitados por la luz y los dirige a través de un camino. (Aguilar. Granera y Gutierrez, 2020, pág. 22)

#### **6.4.6 Paneles solares**

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas, el panel solar convierte la luz del sol en electricidad la potencia de salida de un módulo fotovoltaico o panel solar es aproximadamente proporcional a la intensidad de la luz que éste capta.

Los paneles solares se fabrican hoy en formato de módulos independientes grandes y pequeños, lo cual hace altamente aplicables sus usos según el caso sea en campos abiertos, azoteas o pequeños techos de industrias o edificios de oficinas incluso, y con un mantenimiento mínimo y poco exigente es además tecnología limpia no contamina, no emite humo, no emite  $CO_2$ , no emite gases de efecto negativos.

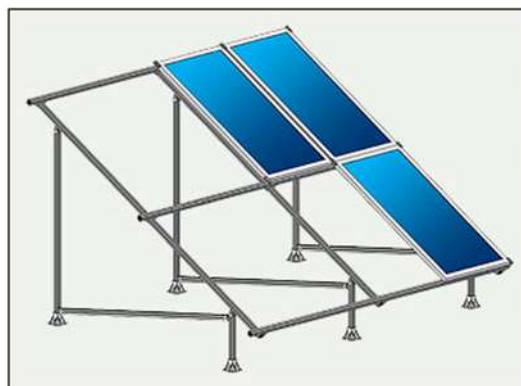
Los paneles se colocan en serie para conseguir un voltaje adecuado a la aplicación eléctrica en cuestión o demandada; entonces los paneles capturan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz. Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa, pudiendo generar energía eléctrica incluso en días nublados. (Carballo, 2016)



*Ilustración 5 Conexión en serie (Maldonado y Jarquín, 20106)*

#### **6.4.7 Soporte para módulos fotovoltaicos**

La estructura de soporte asegura el anclaje en tejado o terreno, permite la orientación y el ángulo de inclinación adecuado para que los paneles solares reciban la mayor radiación posible. Existen muchos modelos de soportes para paneles solares los cuales están certificados para resistir lluvia, oxidación, altas y bajas temperaturas entre otros.



*Ilustración 6 Estructura de soporte para paneles (Quintero, 2018)*

### 6.4.8 celdas fotovoltaica

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica. Están formados por celdas hechas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios. (Carballo, 2016)

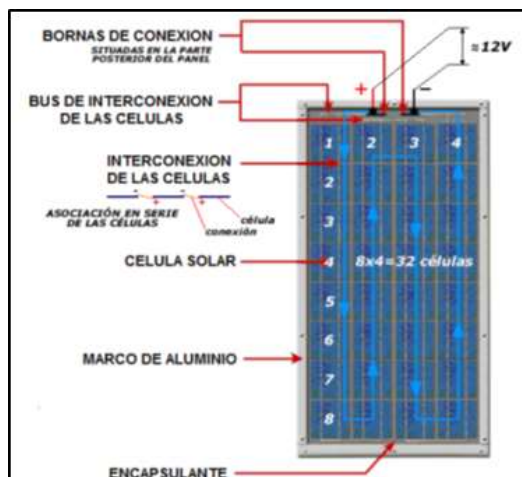
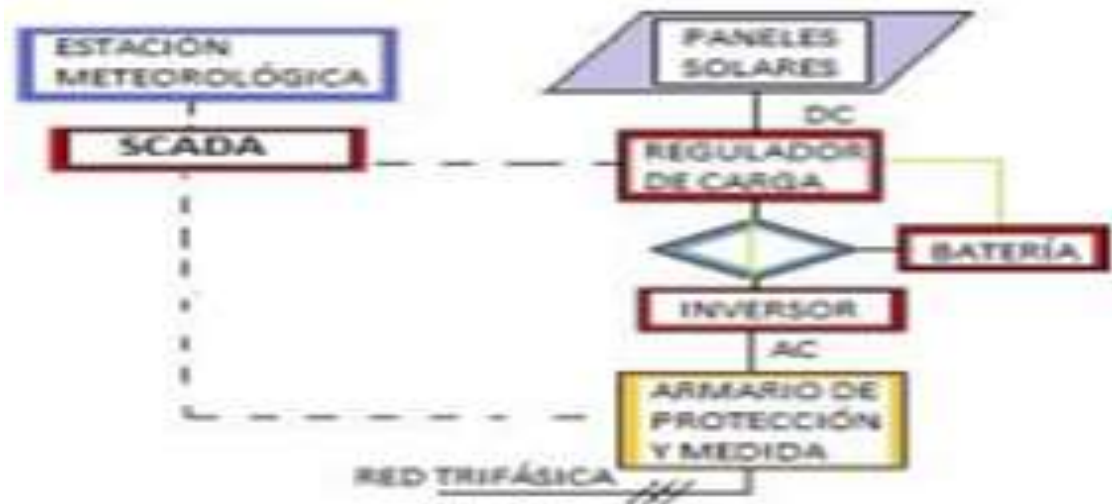


Ilustración 7 Celda fotovoltaica (Maldonado y Jarquín, 2016)

### 6.4.9. Celdas de Silicio Monocristalino y Policristalino

Para fabricarlas el silicio es purificado, fundido y cristalizado ya sea en lingotes o en láminas delgadas; posteriormente, el silicio es rebanado en obleas delgadas para formar las celdas individuales, posteriormente las obleas se pulen por ambas caras.

Durante el proceso de corte y pulido se desperdicia casi la mitad del material original. Una vez pulidas las obleas se introduce por difusión a alta temperatura el material, típicamente boro y fósforo, con lo cual se convierte a la oblea en un semiconductor tipo P si se le añadió boro, o tipo N si se añadió fósforo.



*Ilustración 8 Esquema de almacenamiento (Tituaña, 2016)*

La mayoría de las celdas fotovoltaicas producen un voltaje de aproximadamente 0.5 V, independientemente del área superficial de la celda; sin embargo, mientras mayor sea la superficie de la celda mayor será la corriente que entregará.

Este tipo de celdas solares de silicio, (monocristalino y policristalino) son las más producidas industrialmente, en la tabla siguientes se muestran algunos módulos de silicio, monocristalino y policristalino, en donde se puede apreciar sus características del silicio dopado del módulo multicristalino y el color más oscuro del silicio monocristalino. (Quintero, 2018)

Tabla 1 Tecnología fotovoltaica

TIPO DE CELDA	EFICIENCIA (%)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Silicio Mono cristalino	12 a 14	• Tecnología bien desarrollada y probada.	• Emplea mucho material caro.
		• Estable.	• Mucho desperdicio (casi la mitad)
		• Mayor eficiencia.	
		• Se fabrica en celdas cuadradas	• Manufactura costosa
Silicio Poli cristalino	11 a 13	• Tecnología bien desarrollada y probada	• Material Costoso
		• Estable	• Mucho desperdicio
		• Buena eficiencia	• Manufactura costosa
		• Celdas Cuadradas	• Menor eficiencia que el mono cristalino
Silicio Amorfo o Película Delgada	4 a 8	• Utiliza muy poco material	• Degradación pronunciada
		• Alto potencial y producción muy rápida	• Menor eficiencia
		• Costo bajo, 50% del silicio cristalino	• Menor durabilidad
		• Menos afectado por bajos niveles de insolación	

(Quintero, 2018)

#### 6.4.10 Inversores (Transformadores de DC a AC).

Los inversores son usados para convertir de corriente directa (DC) a corriente alterna (AC) para aparatos que trabajan con 110 / 220 V (AC) u otro nivel de voltaje la capacidad de un inversor va conforme a la necesidad de transformación que se requiere, esto son los watt de salida continua que se necesitan para el funcionamiento de los aparatos eléctricos.

#### 6.4.11 Protección contra sobre corrientes (fusibles).

Las baterías tienen el potencial para descargar altas cantidades de energía en muy cortos períodos de tiempo, de forma que pueden dañar definitivamente los cables conductores. Es por eso que se necesita algún tipo de protección contra exceso de corriente, no tanto por los paneles solares, pero si para proteger las baterías y los alambres conductores a como lo habíamos mencionado anteriormente. (Aguilar. Granera y Gutierrez, 2020, pág. 26).



#### **6.4.12 Energía renovable**

La energía solar puede ser una de las mejores opciones para el futuro de la humanidad porque es el recurso más abundante de energía renovable, el sol emite cerca de  $3.8 \times 10^{23} \text{ kW}$ , de los cuales aproximadamente  $1.8 \times 10^{14} \text{ kW}$  son interceptados por la tierra (Kannan et al 2016).

La energía solar llega a la tierra en forma de luz y calor la mayor parte de esta energía se pierde debido a la dispersión, la reflexión y la absorción por las nubes, estudios han confirmado que la demanda global de energía puede ser proporcionada por la energía solar (Lewis et al 2007).

Otra razón por la cual la energía solar es la energía del futuro es que su utilización no tiene algún impacto perjudicial para el medio ambiente y no afecta el equilibrio de los ecosistemas, comparado con el caso de la explotación de los recursos fósiles que claramente causan mucho daño (Kannan et al 2016).

La energía solar aprovecha el poder del sol para generar electricidad, ya sea directamente a través de células fotovoltaicas (PV) otras nuevas tecnologías de energía solar también utilizan la luz solar concentrada en PV de mayor calidad y eficiencia, generalmente se requiere de grandes áreas para ser más eficaces, mientras que los paneles solares fotovoltaicos pueden ser distribuidos y montados en cualquier superficie expuesta al sol, lo que los hace ideales para la integración en el medio ambiente urbano o cualquier otro terreno (Gasparatos et al., 2017).

Los sistemas fotovoltaicos (PV) convierte la luz solar directamente en energía eléctrica sin la interposición de cualquier motor térmico. La base de la tecnología fotovoltaica se ha establecido sobre el principio de efecto fotovoltaico que fue observado por primera vez en 1839 por Edmons sin embargo, tomo otro medio siglo para construir las células fotovoltaicas para uso práctico.

La primera práctica con celdas solares fue realizada en 1954, en Bell Telephone Laboratories por Calvin et al (2016). Posteriormente se realizaron más investigaciones y desarrollo de obras de tecnología fotovoltaica para suministrar energía a los satélites espaciales; además tras la crisis energética de los años setenta se incrementó el interés público por la aplicación de la energía solar fotovoltaica como fuente de energía eléctrica alternativa (Olaya et al 2016).

#### **6.4.13 Bloque de generación**

La unidad de generación está conformada por los paneles fotovoltaicos, donde su número y el tipo de conexión que exista entre ellos depende de varios factores como: El valor promedio de la insolación del lugar, la carga y la máxima potencia nominal de salida del panel. (García at al 2016).

#### **6.4.14 Bloque de acumulación**

El bloque de acumulación es la parte del sistema fotovoltaica encargada de almacenar y controlar la carga y descarga del sistema (García at al 2016). Está conformado por los siguientes componentes.

#### **6.5 Baterías.**

De todos los componentes que forman un sistema eléctrico solar, las baterías son el centro de todo el sistema (si se está utilizando), es por eso que se le llama el corazón del sistema. Las baterías son el medio donde se almacena la energía eléctrica producida por los paneles solares.

##### **6.5.1. Banco de baterías.**

Por lo general son baterías de ciclo profundo, las cuales están diseñadas para soportar niveles de descarga profundos durante muchos ciclos de carga y descarga.

##### **6.5.2. Regulador de carga.**

Evita la descarga de las baterías a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida del panel PV es nulo.

#### **6.6 Fusibles o llaves de protección.**

Protegen las baterías y son incorporadas al sistema como un elemento de seguridad.

##### **6.6.1 Medidor de carga.**

Dispositivo que permite conocer el estado de carga del banco.

##### **6.6.2 Bloque de carga**

El bloque de carga está encargado de suministrar la energía producida por los paneles solares a los equipos que requieran energía eléctrica (García, 2016) y lo conforman:

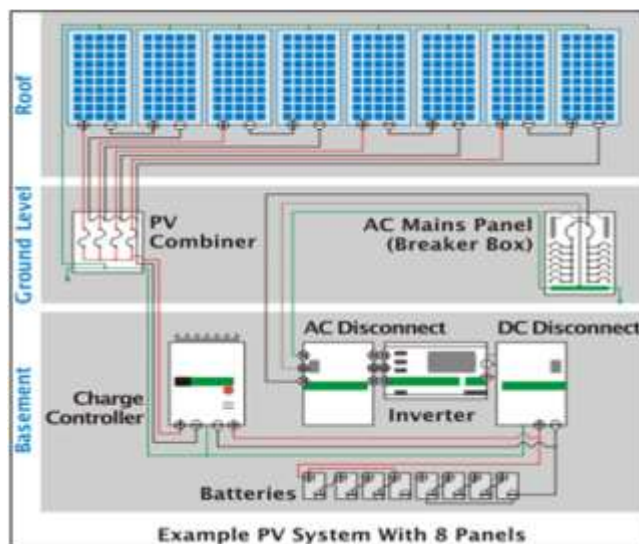
## 6.7 Inversor

Su función es convertir la corriente continua proveniente de las baterías o directamente del panel en corriente alterna para su aprovechamiento. El inversor transforma la corriente continua (CC) producida por el campo fotovoltaico, en corriente alterna (CA), necesaria para la alimentación directa de los usuarios.

### 6.7.1. Sistemas fotovoltaicos aislados

Estos no están conectados a la red eléctrica, están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche.

Durante la fase de insolación es, por tanto, necesario prever una acumulación de la energía no inmediatamente utilizada, que es proporcionada a la carga cuando la energía disponible es reducida e incluso nula. El campo fotovoltaico debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación. (Quintero, 2018)



*Ilustración 9 Sistemas fotovoltaico aislado (Quintero, 2018)*

Clasificación de bombas según el propósito

La bomba: Componente esencial, se puede clasificar de la siguiente manera:

Bombas cinéticas Según (Mott, 2006), estas 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 encuentran a nivel del terreno en la boca del pozo, y el ensamble del chorro está 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 a 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. (Maldonado y Jarquín, 2016)

**Bombas de autoarranque:** El término 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 cree el vacío parcial para elevar el fluido, al mismo tiempo que expulsa cualquier cantidad de aire que se halle en la tubería de succión.

**Funcionamiento de los sistemas de bombeo solar fotovoltaico,** el sistema funciona de la siguiente manera: Los paneles fotovoltaicos convierten la energía de los rayos solares en energía eléctrica en forma de corriente continua, esta corriente circula hasta la bomba desalinizadora extrayendo el agua del mar.

En el interior de la bomba, el sistema de control, que optimiza la energía suministrada por los paneles fotovoltaicos, adapta esta corriente eléctrica para poder alimentar el motor que

moverá la bomba, al motor mueve la bomba que succiona el agua fuera del mar. A continuación, el agua se reparte con tuberías para su aprovechamiento. (Maldonado y Jarquín, 2016)

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

Según (González, 2009) los parámetros del dimensionado de bombeo solar son: radiación solar disponible.

La profundidad de bombeo / distancia de bombeo.

Caudal de bombeo.

Factores que afectan el rendimiento de los paneles solares.

**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 perdidas, 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.

### **6.7.2 Cableado**

Es lo más básico del sistema y su selección tiene un rol importante en la reducción de pérdidas de energía.

### 6.7.3 Determinación del perfil de carga

El perfil de carga nos da información sobre la simultaneidad de los consumos y nos sirve para calcular los sistemas de acondicionamiento de potencia y de distribución para hacer el perfil del gasto donde hay que tener en cuenta las prácticas del lugar estudiado para el caso en concreto.

### 6.8. Estimación del consumo

Es el consumo diario de energía eléctrica el cual será suministrado por el sistema fotovoltaico por día y se tiene en cuenta el consumo energético de CC y AC.

$$(3) \quad \Sigma \# Equip * hra * PEq \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$\Sigma \# Equip$ : el número de equipos de la misma característica

Hra: horas

PEq: potencia nominal de cada equipo CC conectado

Se hace referencia a la evaluación de consumo para cada equipo de CC donde #Equipo son el número de equipos de las mismas características, horas es la cantidad de horas que se prevé que esté en funcionamiento el equipo, y por último PEq es la potencia nominal de cada equipo de CC conectado.

$$(4) \quad EAC = \Sigma \# Equip * hra * PEq \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

EAC: Evaluación de consumo para cada equipo

$\Sigma \# Equip$ : El número de equipos de la misma característica

Hra: Horas

PEq: Potencia nominal de cada equipo CC conectado

Las variables son exactamente igual solo que se aplican para los equipos de AC la energía total consumida por la carga es la suma de la energía consumida por los dispositivos de CC y la consumida por los dispositivos de AC.

$$(5) \quad ECargaTotal = ECC + EAC \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

Ecarga total: energía consumida por los dispositivos CC

ECC: la consumida por dispositivos AC

EAC: evaluación de consumo para cada equipo

### 6.8.1 Estimación de pérdidas

La energía a generarse por los paneles debe tomar en consideración las pérdidas de energía anticipadas en el sistema (cableado, control de carga, inversor y baterías).

$$(6) \quad nT = nB * ninv * nR * nX \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

nT: número total

nB: eficiencia debido al rendimiento

ninv: por eficiencia debido al rendimiento del inversor utilizado

nR: por eficiencia debido al rendimiento del regulador empleado

nX eficiencia que contempla las perdidas no contempladas

nB: Eficiencia debido al rendimiento de la batería que, típicamente puede oscilar entre 75% y un 90%.

ninv: Eficiencia debido al rendimiento del inversor utilizado (si lo hay), es decir, principalmente en instalaciones de 110 V los valores por defecto suelen oscilar entre el 85% y el 98%.

nR: Eficiencia debido al rendimiento del regulador empleado. Suele depender de la tecnología utilizada, pero si no se conoce, se escoge un valor por defecto del 90%.

nX: Eficiencia que contempla las pérdidas no contempladas:

- Temperatura.
- Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- Cableados

### 6.8.2 Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos

Este dimensionamiento implica calcular la energía total necesaria a generar (considerando la estimación de pérdidas) y en base a la insolación del lugar, determinar la cantidad de paneles y la forma de conexión (serie y paralelo).

El coeficiente  $\gamma$  es un factor de seguridad para afrontar la degradación de potencia y prestaciones de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico.

$$(7) \quad E_{gen} = \gamma (EACnTAC + ECCnTCC) \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$E_{gen}$ : es la energía que se va a generar con el bloque g

$\gamma$ : es el factor de seguridad que suele ser 1.1

$\eta TAC$  y  $\eta TCC$ : son las eficiencias de cada uno de los sistemas de AC y CC

$EAC$  y  $ECC$ : son los consumos energéticos diarios de AC y CC.

### 6.8.3 Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos MPPT

Si no se utiliza un regulador con seguimiento de punto de máxima potencia MPPT el cual tiene como función determinar el punto de máxima eficiencia energética al instante en cualquier situación, deberá tenerse en cuenta que será entonces la batería la que marque la tensión del sistema.

$$(8) \quad E_{panel} = (T) * HSP * V_{np} V_p \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$E_{panel}$ : es la energía diaria generada por el panel

$(T)$ : es la potencia nominal o pico del panel corregida por temperatura

$HSP$ : es la hora solar pico

$V_{np}$ : es la tensión nominal del panel

$V_p$ : es la tensión pico del panel.

$$(9) \quad (T) = W_p * (1 - \Delta T * Cd100) \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$



T: es la temperatura de trabajo del panel en °C,  $\Delta T = T - 25^\circ\text{C}$ , que es el incremento por sobre los  $25^\circ\text{C}$

*Cd*: es el valor porcentual del coeficiente de degradación

#### 6.8.4 Dimensionamiento de la cantidad de paneles fotovoltaicos:

$$(10) \quad NTP = E_{gen} E_{panel} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

*NTP*: es el número total de paneles del bloque generador

*E<sub>gen</sub>*: es la energía diaria generada por el bloque

*E<sub>panel</sub>*: es la energía diaria generada por el panel

##### 6.8.4.1 Cantidad de paneles en serie

La asociación de paneles en serie se hace con el fin de aumentar la tensión del bloque generador.

$$(11) \quad NPS = V_{nom} V_{np} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

*NPS*: Numero de paneles en serie

*V<sub>nom</sub>*: es la tensión nominal del sistema

*V<sub>np</sub>*: es la tensión nominal del panel.

##### 6.8.4.2 Cantidad de paneles en paralelo

La asociación de paneles en paralelo se realiza con el fin de aumentar la capacidad de corriente del bloque generador una vez que la tensión nominal se alcanzó mediante la asociación de paneles en serie.

$$(12) \quad NPP = NTP NPS \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

*NPP*: números de paneles en serie

NTP: es el número total de paneles del bloque generador

NPS: es la cantidad de paneles en serie.

### **6.9 Dimensionamiento del banco de baterías:**

El banco de baterías deberá suministrar la energía requerida, y acumular la energía necesaria para alimentar la carga durante los días sin sol contemplar las pérdidas producidas por los diversos componentes.

Para el cálculo de la capacidad de las baterías, se necesita definir los siguientes parámetros:

Dout: Días de autonomía con baja o nula insolación.

PDmax: Profundidad máxima de descarga de la batería, que vendría dada por el fabricante de las baterías; por defecto se escoge un valor del 60% o 80 %.

$\eta$ D: Eficiencia de descarga: Debe contemplar la eficiencia de descarga de la batería, la eficiencia del inversor, la del regulador de carga en caso de que tenga salida de CC, pérdidas en cables, etc., por defecto puede usarse un valor del 75%.

$$(13) \quad C_{nb} = ECT * (Dout + 1) V_{nom} * PD_{max} * nD \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

Cnb: es la capacidad nominal del banco de baterías en Ah/día

ECT: es el consumo energético diario total de la carga

Dout: son los días de autonomía con baja o nula insolación

Vnom: es la tensión nominal del sistema

PDmax: es la profundidad máxima de descarga de la batería

nD: es la eficiencia de la descarga.

$$(14) \quad NBT = V_{nom} * C_{nom\_banco} / V_{nom\_bat} * C_{nom\_bat} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

NBT: es el número total de baterías del banco

Vnom: es la tensión nominal del sistema

Cnom\_banco: es la capacidad nominal del banco

Cnom\_bat: es la capacidad nominal de una batería

Vnom\_bat: es la tensión nominal de una sola batería.

Cantidad de baterías en serie:

$$(15) \quad BS = VnomVbat_{nom} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

BS: batería serie

Vnomv\_bat: es la tensión nominal de una sola batería

### **6.9.1 Cantidad de baterías en paralelo:**

$$(16) \quad NBP = NBTNBS \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

NBP: número total batería paralelo

NBT: número total baterías del banco

NBS: número total de batería en serie

Dimensionamiento del regulador de carga:

El regulador se conecta en serie con los paneles fotovoltaicos, por lo que circulará por él la corriente generada por ellos. Como regla de diseño, la corriente nominal del regulador se elige un 20% o 25% mayor a la corriente de cortocircuito ( $Npp * Icc$ ) entregada por el bloque generador o el mayor valor de la corriente de carga de continua ( $Icarga_{cc}$ ).

$$(17) \quad Ireg = 1,25 * \max (Npp * Icc * Icar_{cc}) \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

Ireg: es la corriente nominal del regulador

Npp: es el número de paneles solares en paralelo

Icc: es la corriente de corto circuito de un panel fotovoltaico

$N_{pp} * I_{cc}$  es la corriente de corto circuito del bloque generador y para máx.

$(N_{pp} * I_{cc} * I_{car\_cc})$  debe utilizarse el valor máximo entre la corriente de corto circuito del bloque generador y la demandada por la carga continua.

### 6.10 Dimensionamiento del inversor

La potencia del inversor vendrá determinada en función de la potencia de los aparatos de consumo de CA, el rendimiento del mismo inversor y la simultaneidad de uso de dichos aparatos.

$$(18) \quad S_{inv\_out} = 1.25 * P_{carCA} * FS \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$S_{inv\_out}$ : potencia nominal del inversor

$P_{car}$ : potencia de las cargas

$FS$  Factor simultaneidad del consumo

$$(19) \quad S_{inv\_out} = 1.25 * P_{carCA} * F_p * FS \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$S_{inv\_out}$ : potencia de nominal del inversor

$P_{carCA}$ : potencia de las cargas en CA

$F_p$ : factor de potencia de las cargas en CA

$F_s$ : factor de simultaneidad del consumo en CA

$$(20) \quad P_{inv\_in} = 1.25 * P_{carCA} * n_{inv} * FS \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$P_{inv\_in}$ : potencia de entrada del inversor

$P_{car CA}$ : potencia de las cargas en CA

$n_{inv}$ : rendimiento del inversor

$F_s$ : factor de simultaneidad del consumo CA

$$(21) \quad P_{inv\_in} = P_{invout} * n_{inv} * F_p * FS \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$P_{inv\_in}$ : es la potencia de entrada del inversor

$P_{invout}$ : Potencia de entrada del inversor

Ninv: rendimiento del inversor

Fp: factor de potencia de las cargas en CA

Fs: factor de simultaneidad del consumo en CA.

Para tener en cuenta este hecho se aplica un factor de simultaneidad (FS), que representa la probabilidad de utilización simultánea de los aparatos de consumo de CA.

El valor de este coeficiente resulta de una estimación debida a la experiencia o a una reglamentación. (García, 2016).

## **7. DISEÑO METODOLOGICO**

### **7.1 Tipo de estudio**

El tipo de estudio es descriptivo dado que se determinó la necesidad de la finca el Tiangué y se realizó una descripción del sistema fotovoltaico.

El enfoque de la investigación es mixto ya que se integran métodos y técnicas cuali cuantitativos que permitieron la evaluación de la necesidad en la finca el tiangué.

### **7.2 Área de estudio**

El área de estudio se desarrolló en el departamento de León, municipio el Tiangué ubicado a orillas del mar o de la costa.

### **7.3 Población y Muestra**

El universo está constituido por 6 personas incluyendo el propietario. La muestra está conformada por una persona (el dueño de la finca) quien nos proporcionó la información.

### **7.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El estudio es de tipo cuali cuantitativo ya que para la presente propuesta de sistema fotovoltaico se acudió a la técnica de la observación directa de la finca, área de riego y requerimiento y necesidades con las que cuenta el propietario de la finca.

Entrevista directa: se aplica a uno de los 6 habitantes el cual brindó información del lugar.

Observación: La visita realizada a la finca contribuyó a la recopilación de información como lo es las áreas de trabajo o como donde va a estar ubicada la planta desaladora.

### **7.5 Procedimientos para la recolección de datos e información.**

Para la corrección de datos se solicitó permiso al dueño de la finca para ceder a esta y que se permitiera realizar las mediciones correspondientes para así poder hacer los cálculos que brinden la información para elaborar el sistema fotovoltaico y riego para tener base teórica.

## 7.6. Variables

### 7.6.1. Matriz de Operacionalización de Variables

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariables o Dimensiones	Variable Operativa o Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información
<p><b><u>Objetivo Específico 1.</u></b></p> <p>Realizar un diagnóstico de las características del sitio donde se implementará el sistema desalador alimentado por energía fotovoltaica.</p>	<p>Diagnóstico</p>	<p>1.1. Accesibilidad geográfica del lugar. 1.2. Satisfacción del dueño de la finca el tianguie</p>	<p>1.1.1. Ubicación geográfica del sitio donde va la bomba desoladora de agua de mar.  1.2.1 Proponer dispositivos electrónicos para el montaje del sistema fotovoltaico de la bomba desaladora.</p>	<p>Observación Visita a las instalaciones de la finca el Tianguie entrevistamos al propietario. Entrevista</p>
<p><b><u>Objetivo Específico 2.</u></b></p> <p>Diseñar sistema fotovoltaico para el proceso de generación de energía para la planta desalinizadora de agua de mar a través del proceso de osmosis inversa</p>	<p>Sistema fotovoltaico y bomba desaladora.</p>	<p>6.1. Censo de carga 6.2. Dimensionamiento de la bomba desaladora.</p>	<p>2.1.1 Conexiones de los diferentes dispositivos 2.1.2 Especificaciones de la bomba desaladora</p>	<p>Investigación Documental</p>
<p><b><u>Objetivo Específico 3.</u></b></p> <p>Analizar la factibilidad de la propuesta del sistema fotovoltaico</p>	<p>Viabilidad del sistema</p>	<p>3.1 Costo económico de la inversión y recuperación de la inversión.</p>	<p>3.1.1 Realizar presupuesto.</p>	<p>Contabilidad y Excel para realizar el presupuesto</p>

### 7.6.2. Matriz de Descriptores

Objetivos específicos	Pregunta general de investigación	Preguntas específicas de investigación	Técnicas	Fuentes
Realizar un diagnóstico de las características del sitio donde se implementará el sistema desalador alimentado por energía fotovoltaica.	¿Cuáles son las necesidades existentes para la propuesta fotovoltaica en la finca tiangue?	<p>-¿La finca tiene una ubicación geográfica accesible?</p> <p>-¿Con cuántos watts funcionara correctamente la bomba desaladora?</p> <p>¿Qué cantidad de componentes se requiere?</p>	Técnica de observación y entrevista	Dueño de la finca el tiangue.

### 7.7. Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos mediante la entrevista se utilizará el programa Excel 2013 para la obtención de un presupuesto para determinar costos de la propuesta y en tablas que permitieron el análisis de recuperación de inversión a corto plazo, mediano plazo y largo plazo de los datos obtenidos. Nota la tabla de datos se encuentra más adelante.



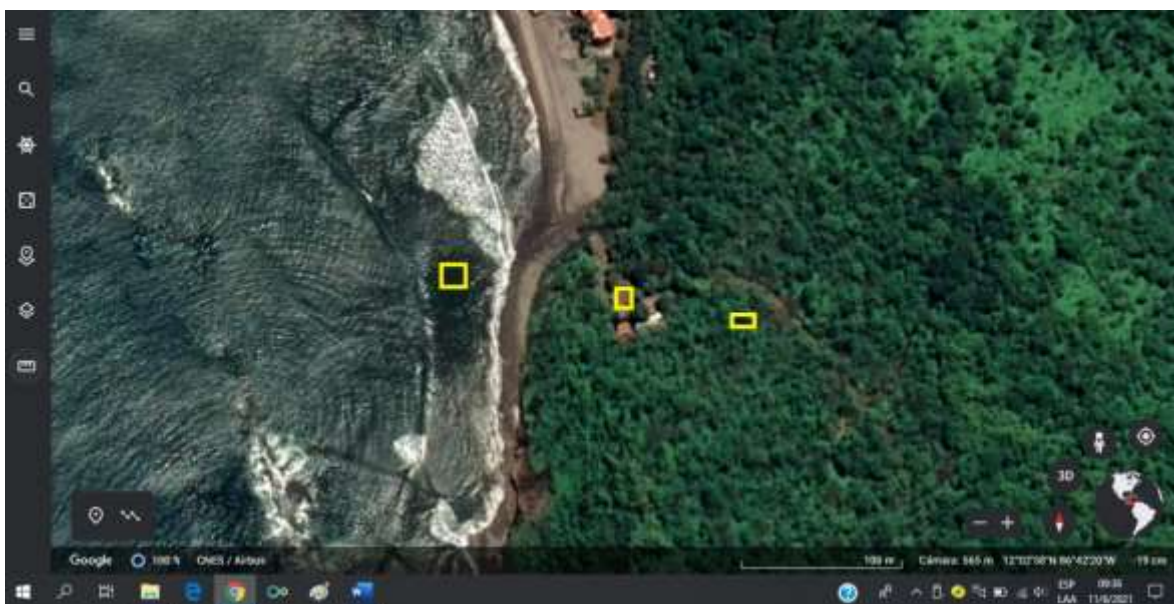
## 8. DESARROLLO.

### 8.1 Realizar un diagnóstico de las características del sitio donde se implementará el sistema desalador alimentado por energía fotovoltaica.

#### 8.1.1 diagnóstico de la situación actual

En este objetivo mencionaremos la posición geográfica de la finca el tiangué donde se cuenta con una casita humilde, el lugar posee un área plana con vista al frente al mar no se cuenta con un pozo la distribución de agua potable es por puesto de distribución, tiene área para pasto.

La propuesta de proyecto se llevara a cabo en el municipio el Tránsito, en el departamento de León, donde el sistema de abastecimiento está limitado a pipas de agua a la finca, la localización geográfica.



*Ilustración 10 Localización de la finca el tiangué, área de filtro y área de riego fuente de Google earth*

En la ilustración 10 representamos los tres puntos posibles que serán utilizados donde el primer cuadro será la extracción de agua, el segundo punto la ubicación de la casita hacienda y el tercer punto donde se establecerá el riego.

El SFV estará compuesto por una bomba desaladora modelo rs-po 1018 ubicada sobre un cerro elevado a 12 mts SNM, en el Tránsito León.

El señor Manuel Poveda tiene un consumo eléctrico menor a los 150kw mes, se recopiló información con una vecina María Palacios la cual nos permitió ver un recibo de consumo eléctrico de 152kw mes.

### 8.1.2 POSIBLE LOCALIZACION DE EQUIPO DE BOMBEO.



*Ilustración 11 Localización del punto de extracción de agua de mar a la bomba desaladora y al punto de riego fuente de Google Earth*

En la figura 11 representamos las distancias del primer punto tenemos de cada punto que están en la propiedad de don Manuel Poveda, la localización de los equipos que se ubicaran de la siguiente manera en un terreno de 10 por 20 vrs<sup>2</sup>.

### 8.1.3 Descripción del lugar



*Ilustración 12 Ubicación de la planta y el área a ocupar extraído de Google earth*

Lugar del proyecto: El Transito departamento de León ubicada a unos 60 Km de Managua donde hay accesibilidad de vehículos para llegar a la finca el tiangué donde realizaremos la propuesta detallando el lugar.

Clima: Seco y soleado

Terreno: Fangoso o arcilloso

Cultivo: Maíz y Pasto para el ganado

Abastecimiento de agua Potable: Dos veces por semana

Existe un río que en temporada de verano baja el nivel

Área de riego: 1/2 manzana aproximadamente

Producción aproximada hora: 1200 litros

Hay habitantes cerca

Hay energía eléctrica

#### **8.1.4 Estructura que se utilizara para el factible filtro sumergible**

Una vez por semana se comprobará el estado del filtro de mallas a la salida de la tubería, en caso obstrucción total o parcial será cepillado liberando de esta forma el paso del agua. En caso de rotura el filtro será repuesto, será un pre filtro artesanal donde va estar construido con piedra bulón.

Este se encuentra en el mismo lugar además recubierto con una malla fina para evitar que se introduzca desechos plásticos, madera y algunas especies de algas o animales que a su vez este pre filtro tendrá una boya para poder extraerla. La tubería que estaría conectada sujeta con pesas para evitar el movimiento del mismo tubo de extracción.



*Ilustración 13 Mediciones del sitio de instalación de la desaladora Fuente Google earth*

La propuesta que se realiza al Sr. Poveda, es una instalación de una bomba desalinizadora modelo ps-ro 1018, la cual beneficiaría a la finca el tiangué ubicado en la comunidad el Tránsito departamento de León, por la ubicación estratégica donde el consumo de la bomba desalinizadora será un promedio de energía de trabajo de alrededor de los 39.41 KWh/día, es decir que está por debajo de los 40 KWh/día el cual estaría siendo generado por un sistema fotovoltaico.

### 8.1.5 Diagnóstico de las características del sitio donde se implementará el sistema

Para la propuesta se ha realizado el dimensionamiento del consumo, para establecer el esquema de sistema fotovoltaico definiendo también las áreas disponibles para la colocación de los Módulos Fotovoltaicos.

La instalación está compuesta por dos áreas, las cuales fueron definidas de acuerdo a criterios técnicos que facilitarían la instalación del sistema, se encuentra en León, de la comunidad el Tránsito la finca llamada el Tiangué; representando un espacio disponible de ½, (5000 varas cuadradas respectivamente).

*Tabla 2 de utilización de áreas de riego*

Área de riego en v <sup>2</sup>				
Cantidad	Medida	unidad v <sup>2</sup>	distancia de mangueras de riego	Unid de manguera y total m
½	Manzana	5,000 v <sup>2</sup>	1 manguera por vara lineal	52 de 100 m

*Fuente propia*

### 8.1.6 Estimación del consumo de los equipos que serán instalados.

Uno de los factores más importantes dentro de la eficiencia energética de la propuesta está directamente relacionado con el patrón de uso que se haga los diferentes componentes que se requieren para el sistema fotovoltaico, como luces, bomba desaladora, bombas de agua de baja presión y personas que habitan, para determinar con mayor precisión la carga total de consumo que se desea generar a través del sistema.

*Tabla 3 Tabla de consumo de equipos*

Los equipos a utilizar tienen un consumo promedio	
Equipo de desalinizador 1	2200 watts
Sistema de iluminación 4	80 watts
Bomba de baja presión 1	735 watts
Bomba de baja presión de respaldo 1	735 watts
Toma corrientes 4	2000 watts
Perdida de watts	Aprox 500 watts
Esto es con instalación AC	

*Fuente propia*

*Tabla 4 Consumo de área de trabajo por horas*

Tabla de consumo promedio del proyecto				
Equipos	Cantidad	Watts unid	Hora de uso	KW/d
Equipo de desalinizador	1	2200 watts	9 horas	19.8
Sistema de iluminación	4	20 watts	13 horas	2.6
Bomba de baja presión	1	735 watts	6 horas	4.41
Bomba de baja presión de respaldo	1	735 watts	6	4.41
Toma corrientes	4	2000 watts		5
Perdida de watts	Aprox	500 watts	Por día	3.5 KW/sema
				Total 39.72 KW/d

*Fuente propia*

### **8.1.7 Riego por goteo**

El goteo es un sistema de riego de baja presión que funciona mediante gotas de agua que son transportadas directamente a las raíces de las plantas por medio de tubos plásticos, pasando por una serie de emisores calibrados.

Con el riego por goteo prácticamente no hay pérdidas por evaporación, también se utiliza menos agua para regar porque se estará regando solo la zona de las raíces de las plantas que es lo que se desea regar, sin desperdiciar agua regando las malezas vecinas al mismo tiempo. Al igual que con los otros métodos de riego, el objetivo con estos sistemas es regar con poca frecuencia, pero profundamente, típicamente se riega de dos a tres veces a la semana (1 o 2 horas cada vez). Además, es posible automatizar todo el sistema, con lo cual se reducen los costos de mano de obra al mínimo.

Los componentes principales del sistema de riego por goteo son: La fuente de agua, el sistema de filtrado, tuberías, accesorios, dispositivos de control y goteros.

### **Goteros**

Los goteros o emisores, son elementos cuya misión no es otra que la de aplicar el agua proveniente de la red de tuberías al suelo a regar, de manera lenta y uniforme según los caudales proyectados. Estos dispositivos de emisión de agua son únicos para el sistema de riego por goteo.

El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de regadío utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y mantener el área optimizada con el goteo de agua en el área específicas.

Para instalar un sistema fotovoltaico se debe conocer ciertos puntos como el presupuesto que está dispuesto a pagar, la superficie necesaria para la instalación del sistema, saber la cantidad de equipo a utilizar para colocar los paneles solares.

Los módulos solares nos ayudarán a ahorrar electricidad y dinero de manera constante inmediatamente después de colocar el sistema de energía solar, otro dispositivo que puede ayudarlo con el ahorro de electricidad es el inversor de corriente.

Un panel solar mide regularmente 1,70m<sup>2</sup>. El número de paneles determina la potencia de su instalación. Cuanto mayor es la potencia, más aumenta su generación de energía solar. Se recomienda la instalación: la inclinación suele ser buena y, sobre todo, no requiere trabajo adicional. Si la superficie del lugar es insuficiente, o si está mal orientado, existen soluciones con el refugio solar.

*Tabla 5 Tabla de área de terreno a utilizar en la instalación*

Área de instalación de la bomba desalinizadora y recolección del agua	
Medida	unidad v <sup>2</sup>
20 v <sup>2</sup> * 20 v <sup>2</sup>	400 v <sup>2</sup>

*Fuente propia*

El cultivo de maíz, dependiendo de las condiciones climáticas, y sin considerar otros factores de producción, requiere a lo largo de su ciclo de 500-800 mm de agua bien distribuida de acuerdo con sus fases fenológicas donde cada 1mm es equivalente a 20 gotas. Las fases de floración y llenado de grano son las más críticas para obtener la máxima producción.

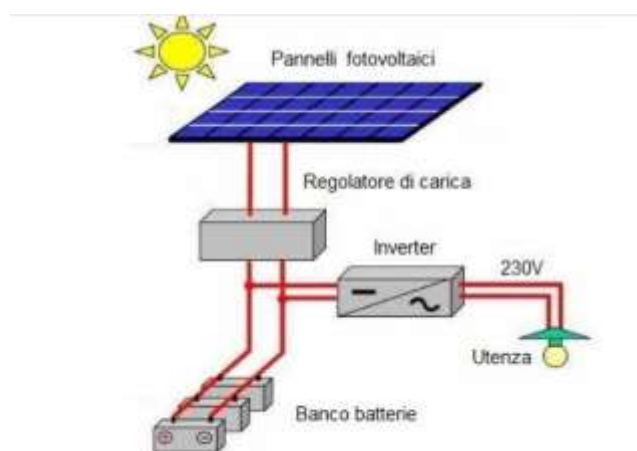
*Tabla 6 Tipo de cultivo que pueden ser regadas en la media manzana*

Planta de maíz	Cantidad por 1/2 manzana	Pasto para ganado	Cantidad agua por 1/2 manzana	Tipo de riego
1/2 manzana de maíz	175 litros	1/2 manzana de pasto	200 litros	Por goteo

*Fuente (Reyes, 2018)*

### 8.1.2 Diseño para un sistema aislado.

El sistema fotovoltaico genera energía eléctrica para consumos de corriente continua y alterna mediante un depósito de energía. La instalación debe alimentar las cargas conectadas durante las horas con superior radiación solar y en el mismo instante cargar los acumuladores. La energía producida por los módulos fotovoltaicos es de corriente continua (CC), se debe transformar en corriente alterna (CA) utilizando un inversor. Las pérdidas energéticas son importantes para el rendimiento de cada elemento de un sistema fotovoltaico y establecer sus características. (Mojica y Sánchez, 2017)



*Ilustración 14 sistema aislado elaboración propia*

### **8.1.2.1 Determinación de la tensión nominal de la instalación.**

La irradiación solar, valor máximo teórico de la energía solar disponible es la cantidad total de energía procedente del sol, en todas las longitudes de onda, por unidad de tiempo y por unidad de área de una superficie normal a los rayos solares y a la distancia media entre la tierra y el sol.

Según el World Radiation Reference Centre (WRRC) el valor es de 1367 W/m<sup>2</sup>. Siendo la intensidad de cortocircuito del panel, proporcional a la irradiación y por haber sido calculada en condiciones estándar el coeficiente a emplear será 1,4 ( $\approx 1,367$ ).

Puede parecer elevado recordemos que en Estados Unidos se emplea como coeficiente 1,56. 1,25 para el cálculo del cable en general y 1,25 por la radiación solar extraterrestre ( $1,25 \times 1,25 = 1,56$ ). (Prysmian, 2019)

Donde la tensión de funcionamiento se puede determinar a partir de la potencia de la instalación, que lógicamente está relacionada con la energía consumida, se suelen emplear las tensiones estándar: 12 V, 24 V, 48 V o 120 y 220 V

En general se recomienda:

48 V o 220 V para potencias mayores de 50 kW.

Como se puede apreciar en la tabla 4 el consumo para calcular el sistema es de 39.72 Wh/día.

$ECargaTotal = EAC = 39.72$  redondeado a 40,000 Wh/día.

ECargaTotal: energía carga total

EAC: consumos energéticos diarios

### **8.1.2.3 Ecuación de cálculo de la energía consumida diariamente**

Un método de cálculo consiste en obtener mediante tablas adecuadas las horas equivalentes del lugar considerando y la inclinación deseada de los módulos FV. Se define como “hora equivalente u hora pico solar” el período de tiempo en el que la radiación solar toma un valor igual a 1000 W/m<sup>2</sup>. Esta metodología es utilizada en los cálculos de las dimensiones de una instalación FV y en la energía consumida diariamente.



$$(22) \quad E_c = P_{\text{total}} \times t \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

Dónde: EC = Energía consumida al día, W.

t = Tiempo de utilización, h.

Ptotal = Potencia total hora, W

#### 8.1.2.4 Estimación de pérdidas se calcula con las condiciones

$$(23) \quad cE = E_b * E_i * E_r * E_{op} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

eB: Eficiencia de la batería (80%).

eI: Eficiencia del inversor (80%).

eR: Eficiencia del regulador (90%).

Eop: Eficiencia debida a otras pérdidas (10%)

#### 8.1.2.5 Calculo de la eficiencia

$$(24) \quad \begin{aligned} cE &= E_b * E_i * E_r * E_{op} \\ cE &= 0.80 * 0.80 * 0.90 * 0.15 \\ cE &\approx 0.0864 \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

El bloque generador deberá proporcionar 39% más de energía para compensar las pérdidas

#### 8.1.2.6 Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles.

Mediante las coordenadas geográficas de Nicaragua en la página de la NASA se obtienen los datos de insolación promedio mínima para cada mes a distintas inclinaciones por la ubicación de Nicaragua cerca al Ecuador y el trópico de cáncer, el ángulo de inclinación puede estar 0entre 0° y 20° en orientación al norte.

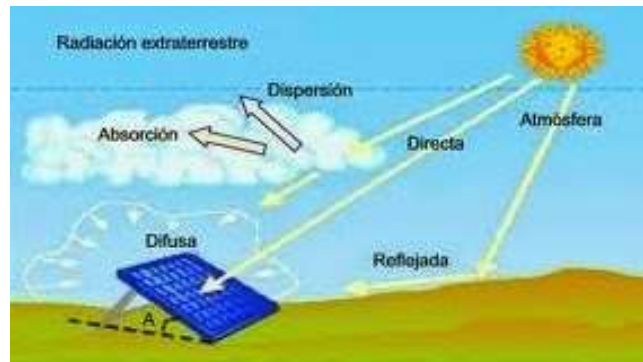
Para calcular la inclinación de los módulos puede tomarse como referencia inicial la latitud del lugar, lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan, la latitud, longitud y altitud de la ubicación del ITSLV.

La latitud del sitio puede ser utilizada inicialmente para calcular la orientación e inclinación que debe poseer un Sistema Fotovoltaico.

El ángulo de inclinación óptimo de las superficies captadoras de un sistema solar está determinado por muchos factores, entre ellos la radiación incidente en el lugar donde va situada la instalación, el cielo solar, donde influye la sombra de objetos que no pueden ser eliminados montañas, entre otros, así como el coeficiente de albedo referente a los niveles de reflexión del lugar donde se ubica el sistema.

Además, las características de la instalación, o sea, si es única o híbrida, autónoma o acoplada a la red y el objetivo de la instalación, lo que define el régimen de uso y de consumo.

El efecto de la selección de un ángulo de inclinación óptimo es equivalente a una modificación del ángulo de incidencia de la radiación solar; para lograr la máxima captación de la radiación solar. El ángulo óptimo de un sistema fotovoltaico debe coincidir con la latitud del lugar. (Santos, Dias y Castro , 2017)



*Ilustración 15 Inclinación (Yuba, 2015)*

#### ***8.1.2.7 Insolación a lo largo del año para el ángulo de inclinación.***

Los ángulos de orientación de los rayos solares donde la energía es acumulada en un panel solar durante un tiempo determinado (día, mes, año) define el concepto de insolación. Esta es la energía disponible para su uso en alguna aplicación específica. Dirección de los rayos solares y posición de un panel solar para una máxima captación.

Es totalmente necesario escoger el lado en el que se instalarán los paneles solares durante el diseño de la instalación fotovoltaica. Para ello, es imprescindible conocer que parte de dicha ubicación hay mayor radiación solar durante el día para elaborar y conseguir la mayor energía posible.

Al ser los paneles fotovoltaicos más efectivos con los rayos del sol de manera perpendicular a la superficie, será el SUR (ángulo acimutal =180°) la orientación más propicia. Si tenemos problemas como la sombra (por, por ejemplo, un árbol muy alto) o es imposible la dirección sur, podrá cambiar ligeramente la orientación de los paneles hasta un máximo de 45° (sureste y suroeste).

$$(25) \quad \begin{aligned} \text{Beta } \textit{optimo} &= 3.7 + 0.69 + 12 && \text{Referencia propia} \\ \text{Beta } \textit{optimo} &= 16^\circ \end{aligned}$$

No obstante, la producción anual solo sufrirá una reducción muy limitada (1-3%) dado que la radiación solar que recibirán los paneles es prácticamente la misma. No obstante, si dichos paneles se giran en un ángulo superior de 45° hacia el sur, la producción disminuirá en mayor medida. Así pues, si lo orientamos directamente al este y al oeste (a 90° al sur) se podría llegar al 30% de caída de la producción.

Esto es, porque los paneles se verían afectados por una luz solar no perpendicular y muy débil durante el transcurso del día y, aun produciendo energía fotovoltaica, será en menor producción que los paneles directamente orientados hacia el sur. (Solar, 2020)

A pesar que los SFV presentan un bajo rendimiento, mediante la correcta selección del ángulo de inclinación se puede obtener una mayor eficiencia y un mínimo de pérdidas, ya que se logra captar la mayor cantidad de radiación posible, logrando mejores resultados desde el punto de vista energético y económico.

*Tabla 7 Insolación anual*

Lat 40.178 Lon -75.332	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	1.89	2.75	3.61	4.42	5.18	5.53	5.55	4.94	4.11	3.14	2.04	1.63	3.73
K	0.45	0.48	0.46	0.45	0.46	0.47	0.49	0.48	0.49	0.49	0.44	0.43	0.47
Diffuse	0.79	1.07	1.53	2.01	2.35	2.49	2.39	2.09	1.66	1.20	0.87	0.71	1.60
Direct	3.13	3.87	3.97	4.01	4.42	4.66	4.88	4.58	4.39	4.19	3.14	2.81	4.01
Tilt 0	1.88	2.68	3.57	4.40	5.15	5.47	5.50	4.92	4.04	3.11	2.02	1.62	3.70
Tilt 25	2.75	3.52	4.16	4.62	5.09	5.28	5.37	5.04	4.55	3.98	2.83	2.45	4.14
Tilt 40	3.08	3.78	4.24	4.47	4.75	4.85	4.96	4.80	4.56	4.22	3.13	2.78	4.14
Tilt 55	3.24	3.84	4.11	4.11	4.19	4.20	4.32	4.33	4.33	4.25	3.26	2.96	3.93
Tilt 90	2.93	3.20	3.05	2.67	2.46	2.35	2.45	2.67	3.05	3.44	2.87	2.72	2.82
OPT	3.26	3.85	4.24	4.63	5.20	5.49	5.54	5.07	4.58	4.26	3.27	2.98	4.37
OPT ANG	61.0	52.0	38.0	22.0	11.0	6.00	8.00	17.0	33.0	49.0	58.0	63.0	34.7

*Fuente (Atmospheric, 2020)*

La insolación es la cantidad de energía en forma de radiación que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diaria) o un año (insolación anual).

Puede calcularse asumiendo que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de la atmósfera y se denomina insolación diaria o anual no atenuada o que se mide en la superficie de la Tierra para lo cual hay que tener presente la atmósfera y que en este caso se denomina atenuada siendo su cálculo mucho más complejo.

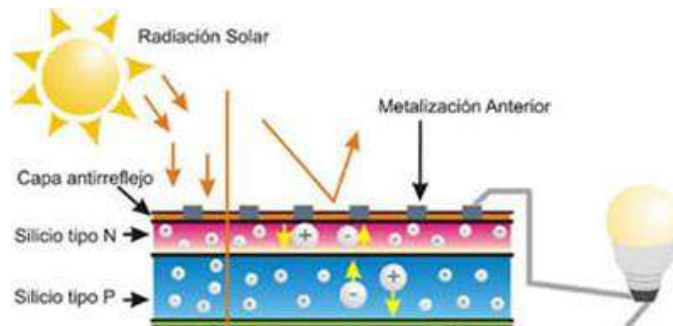
La radiación solar recibida por la superficie de la Tierra está atenuada, respecto a la que llega a la parte alta de la atmósfera, por distintos procesos que se producen en su recorrido por la atmósfera. La fórmula utilizada para calcular la irradiación corregida tiene en cuenta los factores de inclinación, atmósfera y de orientación.

#### **8.1.2.8 Efecto fotovoltaico.**

El efecto fotovoltaico es cuando se convierten los fotones de luz en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones despididos del material semiconductor a través de un circuito exterior. La luz del sol está compuesta por fotones, o partículas energéticas.

Estas partículas energéticas son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Al incidir los fotones sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados o absorbidos, o pueden pasar a través. Los fotones absorbidos son los que transfieren su energía a los electrones de los átomos de las células.

Los paneles fotovoltaicos están formados de una serie de celdas fotovoltaicas que convierten la energía de radiación solar compuesta por fotones en energía eléctrica. Para realizar esto las celdas ocupan el efecto fotovoltaico, el cual consiste en la emisión de electrones en un metal cuando se hace incidir sobre él algún tipo de radiación electromagnética (como la solar). Se producen cargas negativas y positivas en dos semiconductores próximos de diferente tipo (silicio tipo N y silicio tipo P), produciendo así un campo electromagnético capaz de generar corriente eléctrica. ( Mery y Vacarezza, 2008)



*Ilustración 16 Efecto fotovoltaico (Mery y Vacarezza, 2008)*

## **8.2 Diseñar sistema fotovoltaico para el proceso de generación de energía para la planta desalinizadora de agua de mar a través del proceso de osmosis inversa.**

### **8.2.1 Electricidad consumida por la bomba desaladora.**

Una vez seleccionada la bomba desaladora comercial, se puede usar el punto de funcionamiento en el que se va a trabajar (2.2kw) para poder obtener el consumo de la bomba y con ello poder dimensionar nuestra zona de paneles solares y ya que es nuestro mayor consumo.

Dado que la potencia define el consumo eléctrico que tiene la bomba desaladora es conocida y el caudal de servicio que se instalara, también como es conocido el caudal se puede calcular de forma numérica el valor del consumo eléctrico.

Este valor se estimará a lo largo del año. Como durante todo el año no se recibe la misma cantidad de radiación solar, esta diferencia se ajustará con el consumo de la bomba desaladora. Potencia *al año*.

$$(26) \quad \text{Potencia}(kW) = 40000 \times 365 = 14,600,000kW \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

Con estas especificaciones se propone una distribución de placas solares. Para seleccionar cuantos módulos utilizaremos lo principal que debemos tomar en cuenta son las limitaciones técnicas del inversor primero es la tensión en su punto de máxima potencia de las placas y que esos valores sean emitidos en el rango de funcionamiento del inversor.

### **8.2.2 Determinar la tensión nominal de la instalación.**

Si bien la demanda de los equipos electrónicos que se van a conectar al sistema fotovoltaico es menor a 40 kW, a una tensión de 110 v se utilizará una tensión nominal de 48 V para disminuir la corriente de la instalación y de este modo reducir la sección de los conductores y las pérdidas.

### **8.2.3 Evaluación de las pérdidas de sistema**

Es necesario tener en cuenta las pérdidas/caídas de tensión introducidas por los componentes que forman el sistema (baterías, regulador de carga, cables de conexión, etc.) Suponiendo que las pérdidas totales del sistema sean aproximadamente del 30%, entonces es necesario aumentar en el mismo porcentaje la potencia pico del SFV

### **8.3 Selección del inversor.**

Para funcionar casi la totalidad de los aparatos, herramientas, equipo, artefactos del centro de bombeo y dispositivos se requiere disponer de energía eléctrica de 120volt, corriente alterna (ac). Se necesita un componente estático de energía que convierta la corriente continua en alterna en su salida, regulando la tensión y la frecuencia de la corriente alterna que se puede inyectar a la red privada de energía eléctrica este componente es llamado inversor.

El inversor es uno de los componentes más importantes conectados al sistema eléctrico privada, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo FV y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga.

Es un dispositivo que transforma la energía continua producida por los módulos (12 V, 24 V, 48 V) en energía alterna (generalmente 220 V), para alimentar el sistema y/o introducirla al sistema eléctrico con la que trabaja. (Gallegos, 2017)

Existen diferentes tipos de inversores, pero se recomienda seleccionarlo en función del tamaño de la instalación eléctrica que se pretende realizar. El inversor se instala entre el SFV y el punto de conexión a la red. En el mercado también se encuentran inversores incorporados a los módulos FV, formando un único sistema compacto que se puede conectar directamente a las cargas, debe proporcionar la potencia que pueda estar conectada, ya sea así el caso más crítico es cuando todas las cargas están conectadas al sistema.

Así que el tipo que hay que utilizar se puede identificar una vez decidida la potencia del SFV y por lo tanto el número de módulos FV. En el caso de un sistema aislado, es necesario evaluar la potencia total máxima que tendrá que conectarse al inversor además de tener en cuenta la forma de la onda producida. (Gallegos, 2017)

Las baterías y los generadores de energías renovables, producen corriente continua mientras que la mayoría de aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna; por esto el principal uso de los inversores es transformar la energía eléctrica continua disponible en corriente alterna que pueda ser utilizada por la mayoría de los aparatos eléctricos. Los inversores de voltaje más básicos son dispositivos pequeños que se pueden conectar directamente a la salida de corriente continua para cargar teléfonos móviles y aparatos similares.

### **8.3.1 Dimensión de los paneles fotovoltaicos**

Para este caso se utilizará un panel de 480Wp (Potencia pico) debido al consumo en carga, ya que tiene una potencia nominal alta y su precio no es tan alto.

*Tabla 8 Descripción del panel fotovoltaico 96 cell BSM480M-96.*

Potencia nominal	480 Wp
Tensión a PN	48 V
Corriente a PN	10.12 A
Tención circuito abierto	58,95 V
Corriente de corto circuito	10,67 A

*Fuente propia*

Energía generada por el bloque

$$(27) \quad \text{Energía generada} = (\text{ECargaTotal}/\text{día}/ \text{net}+20\%) \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$$(28) \quad \text{Energía generada} = \frac{40.000 \frac{\text{Wh}}{12\text{día}}}{0,0864} + 20\% \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$$= 46.29 \text{ KWh}/\text{día}$$

Energía diaria generada por un panel de 480 Wp sin MPPT

Para el cálculo necesitamos conocer algunos parámetros climáticos del lugar, las horas solares pico (HSP), la potencia pico del panel (Wp) y la tensión pico (Vp), este cálculo se realiza dividiendo el valor de radiación solar de la peor época del año sobre 1kw/m2 y de esta forma se obtienen las horas solares pico para la producción de energía.

$$(29) \quad \text{Hora Solares Pico} = \frac{42 \text{ KWhm}^2/12\text{día}}{1\text{KWm}^2} = 3.5 \text{ kh}/\text{día} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$$\begin{aligned} (\text{Potencia del panel}) \text{ Wp} &= 480\text{W} \\ (\text{Tensión pico}) \text{ Vp} &= 48 \text{ v} \end{aligned}$$

(Energía generada por panel= tiempo por horas solar pico)

$$(30) \quad \text{Epanel} = (T) * \text{HSP} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$$(31) \quad \text{Epanel} = (480\text{W}) \left( \frac{3.5\text{h}}{\text{día}} \right) = 1,680\text{Wh}/\text{día}$$

### 8.3.2 Energía extra de recuperación por pérdida

El rendimiento de las placas fotovoltaicas en días de nubes y lluvia es una de las situaciones que se deben de mejorar en nuestra propuesta de proyectos de autoconsumo eléctrico. Y es una pregunta que hay que hacerse: si bien los días de insolación son frecuentes en nuestras latitudes, hay que tener muy en cuenta las épocas en que el sol luce con poca intensidad.

En días nublados o de lluvia las placas fotovoltaicas siguen generando energía en días con estas condiciones meteorológicas, si bien entre un 10 y un 25% de su rendimiento habitual.



Y la explicación es que, en el proceso de generación de electricidad, los paneles fotovoltaicos capturan la energía de su luz, y no del calor del sol.

La cantidad de energía que se produce desde placas solares en días lluviosos está directamente relacionada con dos factores: la tecnología de los paneles y la espesura de las nubes.

En cuanto a la tecnología, los módulos o placas están formados por numerosas celdas (también llamadas células) fotovoltaicas que convierten la luz que incide en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Su efectividad es mayor cuando mayores son los cristales, pero también su peso, grosor y coste de fabricación. Desde pies optamos por un modelo de placas de tipo policristalino, que aporta efectividad y que tiene una gran optimización. (Peusa, 2019)

En este caso se considerará generar un 20% de energía extra para prevenir el riesgo de generación en días nublados.

$$\begin{aligned}
 E_{extra} &= Y_{extra} * E_{gen} \\
 (32) \quad E_{extra} &= (0.2\%) \left( \frac{39.72Wh}{12dia} \right) && \text{(Salamanca-Ávila, 2017)} \\
 E_{extra \text{ panel}} &= 42.296Wh/dia
 \end{aligned}$$

Eextra energía extra

Yextra

Egen energía diaria generada por bloques

### 8.3.3 Cantidad total de paneles

$$(33) \quad NTP = E_{gen} + E_{extra \text{ panel}} \quad \text{(Salamanca-Ávila, 2017)}$$

NTP: número total de paneles

Egen: energía diaria consumida por bloques

Eextra panel: energía extra del panel

$$(34) \quad E_{extra} = E_{gen} - E_{extraT} \quad \text{(Salamanca-Ávila, 2017)}$$

Eextra: energía extra del panel

Egen: energía generada por panel

EextraT: energía extra total

$$(35) \quad \begin{aligned} & \text{Numero Total Paneles} \\ & = \frac{40\text{kwt} + \frac{42,296\text{Wh}}{\text{dia}}}{\frac{5760\text{Wh}}{\text{dia}}} \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

$$(36) \quad \text{Numero Total Paneles} = 13.69$$

Nota: Se redondea a 14 paneles teniendo un augment en energía extra.

$$(37) \quad \begin{aligned} E_{\text{panelWh}} &= NTP * E_{\text{panel}} \\ E_{\text{panelWh}} &= 14 * 480 \\ E_{\text{panelWh}} &= 6,720 \text{ Wh/dia} \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

EpanelWh energía generada por panel watt hora

NTP numero total de paneles

Epanel energía generada por panel

$$(38) \quad \begin{aligned} E_{\text{panelWp}} &= NTP * V_p(T) * HSP \\ E_{\text{panel}} &= 14 * 48V_p * 3.5\text{Mj/m}^2 \\ E_{\text{panel}} &= 2352 \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

EpanelWp energía generada por panel watt hora

NTP numero total de paneles

Vp voltaje Pico

T potencia nominal o Pico del panel corregida por temperatura

HSP horas solar Pico

### 8.3.4 Dimensionamiento del banco de baterías

Días de autonomía 7días.

Profundidad máxima de descarga 80%

Eficiencia de descarga de batería 90%

$$\begin{aligned}
 Cnb &= ECT * \frac{DOUT + 1}{Vnom} * PDmax * ninv \\
 (39) \quad Cnb &= 42,296 * \frac{(7+1)}{48V} * 0.8 * 0.85 * 0.9 \\
 Cnb &= 4,314Ah
 \end{aligned}
 \tag{Salamanca-Ávila, 2017}$$

Cnb, capacidad nominal del banco de batería

ECT, consumo energético de la carga por días de autonomía

DOUT días de autonomía

más 1 entre Vnom, tensión nominal del sistema

PDmax, profundidad máxima descarga batería

Ninv, eficiencia debido al inversor

nD, eficiencia descarga

Para el banco de batería se utilizarán baterías de libre mantenimiento de 12V y 220 Ah nominal.

### **8.3.5 Descripción de tiempo de vida de las baterías**

Las denominadas baterías de ciclo profundo tienen un formato similar al monoblock, pero son un poco más grandes y están pensadas para instalaciones solares de uso diario, pues tienen una durabilidad 3-4 veces mayor que un monoblock, pudiendo llegar hasta los 6-7 años de vida.

#### **8.3.5.1 Tensión de las baterías a como calcular**

Los inversores dependen de la entrada de voltaje en el sistema, si el sistema trabaja en un ambiente de 12volt en batería y la potencia no pasa de 3KW se necesitará un inversor pequeño, la potencia (kW o W) del sistema requiere de paneles fotovoltaicos es decir la suma de la potencia de los dispositivos artefactos o equipos que van a usarse en la planta desaladora. Nos referenciaremos a las indicaciones de los fabricantes de los equipos a utilizar el cual nos dará la potencia de consumo del equipo posterior sumamos los datos de cada equipo para obtener el total en watts que se necesita para la propuesta con un total 40KWdia.

### 8.3.5.2 Número total de baterías

$$\begin{aligned} (40) \quad NBT &= CnbT / Cnb \text{ bat} \\ NBT &= 4400 / 220Ah \\ NBT &= 20 \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

NBT número total baterías

CnbT capacidad nominal del banco batería total

Cnb bat capacidad nominal del banco de batería

### 8.3.5.3 Cantidad de baterías en serie

$$\begin{aligned} (41) \quad NBS &= Vnom / Vbat \text{ nom} \\ NBS &= 48 / 12 \\ NBS &= 4 \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

NBS: números batería serie

Vnom: tensión nominal del sistema

Vbat nom: voltaje de la batería

### 8.3.5.4 Cantidad de baterías en paralelo

$$\begin{aligned} (42) \quad NBP &= NBT / NBS \\ NBP &= 20 / 4 \\ NBP &= 5 \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

NBP: números batería paralelo

NBT: número batería total

NBS: número batería serie)

### 8.3.5.5 Máxima corriente de carga y descarga del banco

A continuación, se calculará la corriente máxima de carga  $c_5$  y de descarga  $c_{20}$  para el banco de baterías.

$$\begin{aligned} (43) \quad c_{max \text{ car}} &= NBP * C5 \\ c_{max \text{ car}} &= 5 \left( \frac{220Ah}{10h} \right) \\ c_{max \text{ car}} &= 110 A \end{aligned} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

Cmax car: corriente máxima carga

NBP: número batería paralela

C5: carga5

$$c_{max\ car\ des} = NBP * C20$$
$$(44) \quad C_{max\ car\ des} = 10 \left( \frac{220Ah}{20h} \right) \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$
$$C_{max\ car\ des} = 110\ A$$

Cmax car: corriente máxima descarga

NBP: número de batería paralela

C20: carga 20

Tabla 9 Tenciones nominales del banco de batería

Tensión nominal del banco de baterías: 48 V			
Potencia pico del generador fotovoltaico: 4800 Wp (10 x 480 Wp).			
Tensión del circuito abierto de los paneles fotovoltaicos: 58.95 V			
Bluesun MPPT	12v	24v	48v
Máxima Batería Corriente			80 A
		12 V	1000 W
		24 V	4200 W
		48 V	6000 W
Nominal Maximino Solar input			480 W

Fuente propia

#### 8.4 Selección del regulador MTTP

Se utilizará un regulador MTTP de 60A nominal y 6000 Wp de potencia nominal, funcionando con un banco de baterías de 48 V nominal.

$$\text{tensión de salida del inversor } Vin = 1.25 * NSP * VOC$$
$$(45) \quad \text{tensión de salida del inversor } Vin = 1.25 * 10 * 58,95v \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$
$$\text{tensión de salida del inversor } Vin = 736.9v$$

Para este caso, la máxima tensión de entrada no excede la máxima tensión de entrada del regulador de carga especificada por el fabricante por este motivo se ocuparán de (800 V).

#### 8.4.1 Máxima corriente de carga y descarga

El consumo de potencia total de la carga estará dado por la suma de potencia (nominal) de todos los componentes eléctricos en régimen permanente y tiene un valor de 480 W.

$$(Corriente\ descarga\ de\ batería)\ I_{des\ bat} = 1.25(Potencia\ total\ de\ la\ carga)\ car\ \frac{(CA)}{V_{nom}} * \\ ninver)$$

$$(46) \quad I_{des\ bat} = 1.25\left(\frac{480}{48} * 0,85\right) \quad (Salamanca-Ávila, 2017)$$

$$I_{des\ bat} = 14 > 10.625$$

La máxima corriente de carga podrá calcularse en base a la potencia nominal del regulador para un banco de baterías de 48 V.

$$(47) \quad ICarga = PReg Vmin\_BatCarga \quad (Salamanca-Ávila, 2017)$$

ICarga: corriente de carga

Pre: potencia del regulador

Vmin: voltaje mínimo

BatCarga: batería carga

$$(48) \quad ICarga = 6000\ W / 48 \approx 125 < 240\ A \quad (Salamanca-Ávila, 2017)$$

En este caso, la corriente de carga y la de descarga no superan los valores de C20y C5 del banco de baterías respectivamente.

#### 8.4.2 Dimensionamiento y cálculo del inversor

La potencia máxima que consume el inversor en un sistema de energía fotovoltaica es total de potencia es decir la sumatoria de potencias (watts) de cada uno de los dispositivos instalados, la sumatoria de cada equipo nos arroja 40kwts.

Sobre este dato deberemos considerar un coeficiente de pérdida para asegurar más el rendimiento del inversor según profesionales indican que la mayoría debe usar un rendimiento de inversor de 80 o 90%.

Ecuación para encontrar el inversor con la potencia adecuada

$$P_{\text{inversor}} = P_{\text{instalada}} / \% \text{ rendimiento}$$

$$(49) \quad P_i = \frac{40000}{80} \% = 50000 \text{ w} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

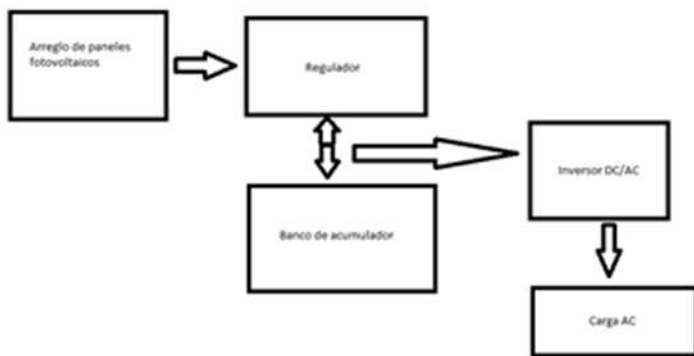
Se utilizará un FP = 0,80% y un FS = 1, esto debido a que podrían usarse todo el tiempo.

$$S_{\text{inv\_out}} = 1.25 * S_{\text{carCA}} * FS = 1.25 * P_{\text{carCA}} / FP * FS$$

$$(50) \quad S_{\text{inv\_out}} = 1.25 * 480 \text{ W} / 0,80 * 1 = 750 \text{ VA} \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

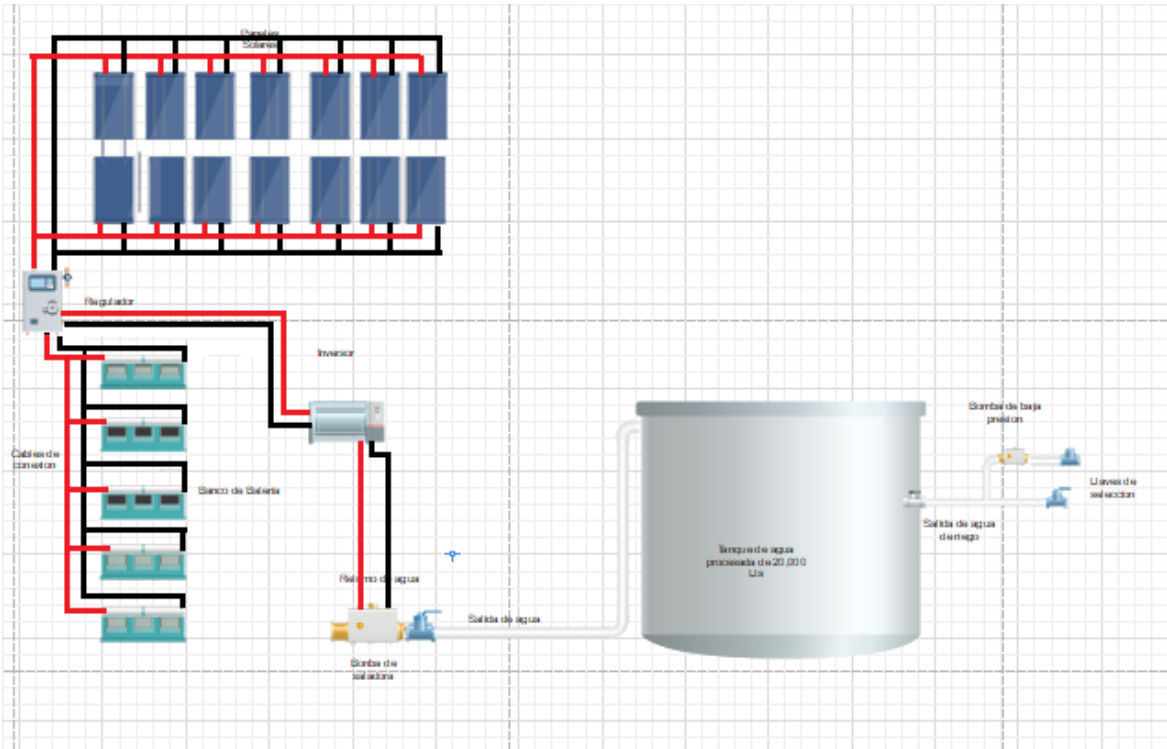
$$I_{\text{pico\_carga}} = 480 \text{ W} / 120 \text{ V} \approx 4 \text{ Amp}$$

### 8.4.3 Diagrama de bloque del sistema fotovoltaico



*Ilustración 17 Esquema de sistema fotovoltaico (Mery y Vacarezza, 2008)*

En la ilustración 19 podemos apreciar la manera como es el funcionamiento del SFV donde primero los paneles solares reciben la energía solar para luego mandarla a un regulador el cual estará cargando unas baterías las cuales al cargarse alimentara al regulador y posterior al inversor para obtener energía alterna, este sistema está totalmente aislado a la red eléctrica.



*Ilustración 18 Conexión de SFV fuente propia*

En la ilustración 20 podemos apreciar como primer punto los paneles como están conectados en paralelo para entregar un voltaje de 48 volt según las especificaciones del fabricante, posteriormente la energía generada pasaría al regulador que estará conectado a las baterías que a su vez retorna al regulador para posteriormente alimentar al inversor y obtener corriente alterna.

### **8.5 Dimensionamiento del regulador de carga MPPT**

La potencia del generador fotovoltaico puede exceder la máxima potencia de entrada del mismo en este caso, el regulador limitará dicha potencia, proporcionando la corriente nominal máxima especificada por el fabricante de esta forma el dispositivo no sufrirá ningún daño.



Para el dimensionamiento del regulador de carga, es necesario tener en cuenta la potencia pico del generador fotovoltaico y la tensión nominal del banco de baterías.



*Ilustración 19 Controlador de carga (wipanda, 2018)*

14 paneles de 480 W.

2 reguladores de carga de 120 A nominal con MPPT.

3 inversor de 48V y 6000 VA a 180 Amp.

20 baterías de 220 Ah

### **8.6 Selección de los conductores**

El artículo 690-8 de la NOM-001-SEDE-2018 NORMA, menciona las siguientes recomendaciones para la selección del cable conductor para un sistema fotovoltaico.

- Capacidad de conducción de corriente eléctrica y dispositivos de protección contra sobre corriente. La capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores y la especificación o ajuste de los dispositivos de protección contra sobre corriente en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no deben ser menores a 125% de la corriente eléctrica calculada.
- Cable con conductor dúplex. se permite cable tipo TWD-UV en circuitos de la fuente fotovoltaica, cuando se instalen a la intemperie y expuestos a los rayos del Sol.
- Cables y cordones flexibles. cuando se usen cables y cordones flexibles para conectar las partes móviles de seguidores solares, se debe cumplir con lo indicado en el artículo 400 y deben ser cordones para uso extra rudo tipos ST, SO o W, adecuados para uso en intemperie y resistentes al agua y a la luz del Sol.

Para la puesta a tierra se hace referencia a los siguientes artículos. 690-41. puesta a tierra del sistema. Para una fuente de energía fotovoltaica, un conductor de un sistema de dos conductores especificado a más de 50 V o un conductor neutro de un sistema de tres conductores, deben ser puestos a tierra sólidamente. 690-43 puesta a tierra del equipo. Las partes metálicas de los marcos de los módulos, del equipo y de las envolventes de conductores que no lleven corriente eléctrica, deben ser puestas a tierra sin importar la tensión eléctrica. (Gallegos, 2017)

Tamaño nominal del conductor de puesta a tierra del equipo. En sistemas donde la corriente eléctrica de corto circuito disponible de la fuente fotovoltaica sea menor que dos veces la corriente eléctrica especificada del dispositivo de protección contra sobre corriente.

El conductor de puesta a tierra del equipo, no debe ser de menor tamaño nominal al requerido para los conductores del circuito. 690-62.

Capacidad del conductor neutro puesto a tierra. sí una unidad de acondicionamiento de energía monofásica, dos hilos, se conecta al neutro puesto a tierra y a un solo conductor de fase de un sistema de tres hilos o a un sistema trifásico estrella de cuatro hilos, la suma de la carga máxima conectada entre el neutro puesto a tierra y cualquier conductor de fase, más la capacidad de salida de la unidad de acondicionamiento de energía, no debe exceder la capacidad de conducción de corriente del conductor neutro puesto a tierra. (Gallegos, 2017)

### ***8.7. Equipo de bombeo fotovoltaico.***

Una bomba fotovoltaica, es una máquina hidráulica que absorbe energía mecánica a través de un eje o flecha y la transmite a un fluido como energía de presión o de posición ya sea a través de un impulsor, de engranes, de diafragmas, de un pistón, etc.

#### ***8.7.1. Ventajas de la bomba solar***

No requieren combustible, son silenciosas y no contaminan, requieren de muy poco mantenimiento y los costos de operación son mínimos.

Producen más durante los días soleados, cuando la necesidad de agua es mayor.

No requiere de un banco de baterías, operan a grandes profundidades, son eficientes y duraderos (larga vida útil de 10 a 15 años).

El campo eléctrico solar no necesita colocarse cerca de la fuente de agua. Para obtener exposición total al sol, puede ser instalado lejos de la bomba.

Admiten sensores de nivel para apagar la bomba cuando el tanque de agua se llene, evitando un desperdicio, o cuando el nivel de la fuente de agua baja demasiado.

Los sistemas de bombeo de agua son expandibles (Quintero, 2018)

### ***8.7.2. Desventajas del bombeo solar***

Dependencia del clima, está íntimamente ligado a las condiciones del clima, mucho sol implica alta producción, poco sol, muchas nubes o lluvia, por ende, poca producción.

### ***8.7.3. Aplicaciones del bombeo solar.***

- a. En aplicaciones agrarias: irrigación de cultivos y de campos.
- b. El suministro de agua potable para casas en lugares apartados.
- c. Pozos aislados de una casa central.
- d. Suministro de agua para ganado.
- e. Riego en parques Naturales.

### ***8.7.4. Especificaciones de la bomba***



*Ilustración 20 Bomba desaladora de agua fuente*

Las características de la bomba ps –ro 1018

Las especificaciones de la bomba se obtuvieron de acuerdo a la necesidad del problema

Modelo: PS-RO1018

Capacidad de producción: 1000-1800 L/día

Potencia: 2.2kw

Conexión de alimentación: 3/4

Conexión de rechazo: 1/2

Conexión de producción: 1/4

Expulsión de sal mínima: 99.4

Presión el agua de mar mínima: 1 kg/cm<sup>2</sup>

Presión máxima de caudal: 70 kg/cm<sup>2</sup> o 68.64 Bar

Presión máxima de entrada de agua 6 kg/cm<sup>2</sup>

Rango de temperatura de agua de mar: 2 ppm TDS (partes por millón)

Pre filtro de 5 micras: opcional hasta 1 micra

Posee 2 membranas

Ruido: 82 db (A)

Dimensiones: 1191 x 675 x 270mm

Peso: 84 kg

Costo: \$12, 889

### **8.7.5. Condiciones físicas generales**

#### ***8.7.5.1. Condición general del sistema de bombeo.***

Durante la inspección al lugar se observó los requerimientos necesarios para la instalación de un sistema fotovoltaico con los debidos requerimientos eléctricos, un depósito de agua desalinizada para riego.

#### ***8.7.5.2. Nivel de mantenimiento.***

El nivel de mantenimiento que se le debe de dar es muy bajo y corresponde al mantenimiento de reparación de emergencia para mantener la bomba en servicio.

#### ***8.7.6. Nivel general de estado de tuberías***

Las tuberías asociadas al sistema de bombeo y el filtro de extracción de agua salada se dejarán en posición fija en el punto de extracción se hará un filtro con piedra bolón existente en el lugar, sin embargo, se tratará de que ingrese lo menos posible de arena a la tubería.

### **8.7.7. Análisis hidráulico en un sistema de bombeo de agua.**

Molina M. y Escobar M. (2009) informan que, para determinar el tamaño de un sistema de bombeo de agua, es necesario entender los conceptos básicos que describen las condiciones hidráulicas de una obra. Además, el tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen diario necesario. Este producto se conoce como ciclo hidráulico.

#### **8.7.7.1. Carga dinámica total (CDT)**

Un factor determinante en las instalaciones para equipos de bombeo son las elevaciones a las cuales el fluido se tiene que desplazar por medio de la energía que la bomba le imparta. Esta elevación que la bomba tiene que vencer, se le conoce como carga dinámica total (CDT), que es la suma de la carga estática (CE) y la carga dinámica (CD)

(Carga dinámica total=suma de la carga estática más carga dinámica)

$$(51) \quad CDT = CE + CD \quad (\text{Salamanca-Ávila, 2017})$$

Carga estática: Es la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel de abatimiento del mar hasta la altura en que se descarga el agua (tanque de almacenamiento). La carga estática es entonces la suma del abatimiento, el nivel estático y la altura de la descarga. (Quintero, 2018)

### **8.7.8. Osmosis inversa**

Es uno de los procesos de separación con membrana cuya fuerza de impulsión es la presión, pero a diferencia de la UF y la M, en la RO la separación del soluto no es debida al tamaño del mismo.

No se trata de un proceso de filtración si no de un mecanismo de disolución-difusión las sustancias que pueden disolver y difundir pasan. Retiene casi todo menos los compuestos orgánicos pequeños (los aldehídos se disuelven muy bien en las membranas).

La técnica de osmosis inversa es la que tiene el mayor poder de retención, que alcanza hasta el no permitir el paso de las sales monovalente disueltas, del orden de hasta los 10 A. en el

caso del NaCl llega hasta el 99% de retención, y en la retención de compuestos de bajo peso molecular dependerá de la naturaleza y estructura de la membrana.

En general del 95 al 99 % de los materiales disueltos en el agua pueden ser eliminados dependiendo del abastecimiento del agua de entrada. El agua limpia producida puede estar entre 25,000 y 500,000 ohm/cm de conductividad. El agua residual o concentrada es entonces enviada al drenaje. Las membranas no se ensucian y solo necesitan ser limpiadas sobre una base anual, dependiendo de las condiciones del agua de entrada. (Carlo, 2002)

#### **8.7.9. Descripción del proceso**

El proceso de osmosis inversa consiste en hacer pasar un flujo de agua a alta presión a través de una membrana semipermeable, de forma que se obtenga una corriente libre de sales y otra corriente rica en ellas. La corriente de entrada es conocida como “aporte”, la corriente de salida libre de sales es el “permeado”, y por último la corriente de mayor concentración de sales es el “rechazo”.

Este proceso se consigue elevando la presión de la corriente aporte, y así las sales pasen de la las corrientes pobres en sales a la corriente rica, y no al revés como pasaría de forma espontánea la conversión que se obtiene utilizando este proceso es de 99,4%. (Jordi, 2016)

#### **8.7.10. La bomba desaladora ps-ro 1018 utiliza una filtración por membrana.**

Las tecnologías de filtración de membrana tienen una serie de ventajas sobre los sistemas convencionales de filtración de medios granulares. Sin embargo, la filtración de medios granulares es una tecnología de pretratamiento bien entendida y ampliamente utilizada, con un historial comprobado, que tiene una serie de características que pueden hacer que su costo sea competitivo bajo circunstancias específicas.

La bomba es una máquina compuesta por un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza, se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. (Bonilla y Vanera, 2017)

La bomba ps-ro 1018 se alimenta con un caudal de 68 Bar que transformándolo a PSI con la siguiente ecuación:

$$(52) \quad PSI = lbs/pulg^2$$

PSI: unidad de presión

Lbs: libras

Pulg<sup>2</sup>: pulgadas cuadradas

$$(53) \quad 70 \frac{kgf}{cm^2} * 2.20 \frac{lbs}{kgf} * (2.54 \frac{cm}{pulg})^2$$
$$391.16 \frac{lbs}{pulg^2} = PSI$$

Para poder saber la presión real a la que va ser sometida sustuiremos la ecuación anterior, con la especificación de la presión de la bomba desalinizadora que nos da la referencia de 70kg /cm<sup>2</sup>.

### **8.7.11. Mantenimiento de la instalación**

En este apartado indicaremos las operaciones de mantenimiento mínimas necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento y prolongar la duración de la misma.

Definimos dos actuaciones para englobar todas las operaciones necesarias

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo implica, como mínimo, una revisión cada 6 meses de todos los componentes de la instalación incluyendo las labores de mantenimiento aconsejadas por los fabricantes.

El mantenimiento correctivo implica todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

### **8.7.12. Mantenimiento preventivo**

#### 1) Paneles fotovoltaicos

- a. Inspección visual de posible degradación internas y de la estanqueidad del panel, limpieza periódica del panel (lavado de los paneles con agua y algún detergente no abrasivo)
- b. Control de las conexiones eléctricas y del cableado o comprobación del apriete y estado de los terminales de los cables de conexionado de los paneles o Comprobación de la caja de terminales o del estado de los capuchones de protección de los terminales.
- c. Mediciones de las características del panel en caso de defecto.

En el caso de observarse fallos de estanqueidad, se procederá a la sustitución de los elementos afectados y a la limpieza de los terminales. Es importante cuidar el sellado de la caja de terminales, utilizando según el caso, juntas nuevas o un sellado de silicona.

#### 2) Estructura soporte:

- a. Inspección visual de la subestructura metálica, tratamiento de las partes afectadas y prevención de corrosión con pintura zin cada, revisión y ajuste del par de apriete de las partes sometidas a esfuerzos provocados por el viento.
- b. Inspección de anclaje de módulos a estructura soporte. Inspección del cableado de la instalación.

#### 3) Inspección del cableado de la instalación

- a. Se comprobará todo el cableado de la instalación teniendo especial importancia la comprobación del estado de la cubierta de protección y aislamiento del cable, sobre todo en las zonas donde se encuentre a la intemperie; y el estado de las conexiones a los diferentes elementos de la instalación.
- b. Se realizará una inspección visual del trazado del cableado desde los módulos fotovoltaicos hasta el cuadro de protecciones y se comprobará el buen estado de los mismos y de los terminales de conexión a ésta.



c. Comprobación del cableado de puesta a tierra de la instalación, se realizará una inspección visual del cableado de puesta a tierra de toda la instalación y se comprobará que la tensión en dicho cable es 0 V cogiendo como referencia una masa.

### **8.8 Analizar la factibilidad de la propuesta del sistema fotovoltaico.**

La propuesta evaluada consiste en una bomba desalinizadora alimentada por un sistema fotovoltaico solar desconectada del sistema comercial con un almacenamiento de 40 kW con la siguiente ficha técnica, componentes y costos asociados de cada componente.

*Tabla 10 Potencia de consumo en KW y equipos a utilizar*

Potencia Nominal del Sistema (kW)	40 KW Dia
Número de Paneles	14
Potencia Máxima de la Celda (W)	480 watt
Pérdidas Estimadas	15%
Potencia Salida AC (kW)	16.2

*Fuente propia*

Los paneles solares de la compañía Bluesun A Grade poseen células solares policristalinas con una potencia nominal de 480W y una eficiencia > 17.56%. Especificaciones técnicas de los diferentes modelos de paneles solares.

#### **8.8.1 Porque el dueño de la finca ve factible el proyecto.**

En la actualidad la entrada de ganancia se genera más en tiempo de invierno ya que el sácate para ganado crece con el pasar de las lluvias dejándole una ganancia mensual C\$ 4,645.00 que le genera una ganancia de 6 meses de C\$ 27,870 en tiempo de invierno, por lo tanto en el interés del dueño de la finca de presentar el proyecto que le proponemos es de interés ya que al mantener el pasto en todo el tiempo del año esto aumentaría las ganancias en tiempo de sequía que duplica el costo de ganancia ya que se encuentra en el corredor seco y en tiempo de verano el alquiler de pasto para ganado se duplica por lo que escasea.

##### **8.8.1.1Calculo de ingresos por tiempo de invierno.**

$$PA = PM * CMP$$

$$PA = 4,645 * 6$$

$$PA = 27,870$$

PA= Producción Anual

PM=Producción Mensual

CM= Cantidad de meses de producción

***8.8.1.2 Calculo de ingresos por tiempo de verano.***

$$PA = PM * CM$$

$$PA = 9290 * 6$$

$$PA = 55,740$$

En tiempos de sequía el agua para riego es de suma importancia para la producción de cualquier planta ya que sin agua el pasto se seca y no da el crecimiento esperado para la generación de ingresos en tiempo de verano.

Tabla 11 Modelos de diferentes paneles fotovoltaicos

Modulo	BSM450M-96	BSM460M-96	BSM470M-96	BSM480M-96	BSM490M-96	BSM500M-96
Potencia máxima vatios (Wp)	450	460	470	480	490	500
Tolerancia de potencia de salida Pmax (w)			0~+5			
Máxima potencia de voltaje (v)	47.87	48.01	48.25	48.35	48.45	48.63
Corriente de máxima potencia (A)	9.40	9.59	9.74	9.93	10.12	10.28
Tensión de circuito abierto	58.57	58.75	58.82	58.89	58.95	59.01
Corriente de cortocircuito	9.73	9.78	9.90	10.04	10.67	10.87
Eficiencia del modulo	17.56	17.95	18.34	18.73	19.12	19.51
Coefficiente de temperatura de Isc(A)			+0.058%/°C			
Coefficiente de temperatura de Voc			-0.330%/°c			
Temperatura de coeficiente de Pmax			-0.410%/°c			
STC	Irradiancia 1000w/m, temperaturas de las celdas 25°c, masa de aire 1.5					



*Ilustración 21 Panel Solar Fuente propia*

*Tabla 12 Especificaciones del inversor*

Pure Sine Wave 1000W-6000W Off Grid Solar Inverter Charger	
Ítem NO	PV1000-10000
Poder	1000-6000W
Voltaje	48v
Voltaje	110V-240V
No Numero of Mpp Trackers	1
Certificado	CE/TUV/VDE/UL
Payment	T/T

*Fuente propia*

## **Inversor**

Para este sistema fotovoltaico solar se propone la implementación de inversor (punto máximo de potencia) con una potencia nominal de 6 *kW* para que esté acorde al dimensionamiento del proyecto (40 *kW*)

### **8.8.2 Accesorios y estructura de los paneles**

Entre los accesorios de instalación se incluyen la tubería de protección de los cables, conduletas y terminales de conexión. Las conexiones se componen principalmente de dos tipos de cables. Los cables que conectan internamente los paneles solares y forman las conexiones en serie y paralelo son cables solares calibre AWG 12 para uso externo además de cable # 8 AWG para las conexiones a los inversores y equipos.

Para proteger los paneles a inversores del sistema en la presencia de un pico de corriente o una sobrecarga eléctrica, utiliza para cada rack de paneles, un breaker de protección DC y para el inversor un breaker de protección AC. La estructura se compone de rieles, abrazaderas intermedias y abrazaderas terminales las cuales se utilizan para soportar y fijar los paneles a la superficie de instalación.

El agua de mar es uno de los recursos más abundantes que existen en el mundo cubriendo tres cuartos de la superficie del planeta, solo alrededor de un 3% es agua dulce como también el otro 97% es agua salada de los océanos. Siendo este un recurso natural una fuente de aprovechamiento para el desarrollo del proceso de desalinización por osmosis inversa con energía fotovoltaica que alimentan el proceso con el objetivo de establecer la viabilidad económica.

### 8.8.3 Estimación de costos

El estudio de factibilidad es el análisis de la propuesta del proyecto para determinar lo que se propone será bueno o malo, y en cuáles condiciones se debe desarrollar para que sea exitoso. Iniciar un proyecto de producción o fortalecerlo significa invertir en recursos, como tiempo, dinero, materiales y equipos.

Como los recursos siempre son limitados, es necesario tomar una decisión, y las buenas decisiones sólo pueden ser tomadas sobre la base de evidencias y cálculos correctos, de manera que se tenga mucha seguridad de que la propuesta se desempeñará correctamente y que producirá ganancias tanto a largo plazo como a mediano plazo.

Costo anual equivalente (CAE). Es un método para evaluar la toma de decisiones en proyectos de inversión. Donde todos los ingresos y gastos que ocurren durante un periodo se convierten en una anualidad; cuando el valor es positivo es recomendable aceptar la inversión. Permite comparar dos o más alternativas de adquisición con base en su vida útil, inversión inicial y gastos de operación.

Valor presente neto. El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El VPN permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión. El cálculo del VPN se realiza utilizando la ecuación VPN. La interpretación del VPN se estima de la siguiente manera: si el valor del VPN < 0, es decir, si es negativo, significará que no se justifica la inversión en este proyecto; si el VPN > 0, es decir, si es positivo, será viable dicha inversión.

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= \text{Inversión inicial} - \sum \text{FNn} (1) n && \text{(García. Sepúlveda y} \\ (54) & && \text{Ferreira, 2009)} \\ &= 1 (1 + r) \end{aligned}$$

A continuación, se presentan los costos de los equipos y servicios de instalación asociados al montaje y la adquisición de la propuesta. El costo unitario (\$US) del sistema fotovoltaico solar se obtiene dividiendo el costo total del proyecto. (García. Sepúlveda y Ferreira, 2009)

Tabla 13 Presupuesto del proyecto

Costo de cada elemento				
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Costo en C\$
Desaladora	1	\$12, 889	\$12, 889	C\$412,448
Paneles FV	15	\$1100	\$16,500	C\$561,000
Inversor	3	\$60	\$180	C\$5760
MTPP	2	\$73	\$146	C\$4,672
Tanque de Almacenaje 2000 Lts	1	\$400	\$400	C\$12,800
Toma corriente	4	\$2.5	\$10	C\$320
Bombillos	4	\$3	\$12	C\$384
Tubería de manguera 100mt	120 und	\$10	\$1200	C\$38,400
Tubería pvc de diferentes medidas 3/4	20 uni	\$3	\$120	C\$ 4200
Adaptadores	10 und	\$2	\$20	C\$640
T de ½	40 und	\$0.5	\$20	C\$640
Tapón de ½	40 und	\$0.5	\$20	C\$640
Controlador	2	\$22	\$44	C\$1,408
Baterías	20	\$100	\$200	C\$6,400
Cables	100 mts	\$20	\$20	C\$640
Panel de distribución	2	\$110	\$220	C\$7,040
Bomba de baja presión	1	\$350	\$350	C\$11,200
Instalación		\$1000	\$1000	C\$32,000
Techo	10 und	\$ 13.80	\$ 97	C\$3,104
Perlines	10 und	\$ 13.80	\$ 138	C\$4,416
Soldadura	4 Lbs	\$5	\$20	C\$640
Perno para techo	100 und	\$ 0.16	\$ 16	C\$512
Total				1,111,464

*Fuente propia*

Fijando la tasa representativa del dólar estadounidense (\$US) al córdoba nicaragüense (C\$ NIC) equivalente a:  $\$31,756 * C\$35 = C\$1, 111,464$

Dentro de esta estructura de costos no se incluyó costos asociados a mantenimiento pues para sistemas fotovoltaicos son muy bajos dado a que se basa en aplicación de agua y jabón en la superficie de los paneles frotando sin excesiva fuerza. Así las cosas, para este estudio se asumió costo 0.

La propuesta de sistema fotovoltaico en un estimado de precio de venta de los equipos utilizados es equivalente a un total de C\$ 1, 107,264 Si los equipos se depreciaran. Los cálculos se realizaron con un costo de 16 semoviente los cuales tienen un costo de pastura de 19.2 córdobas diario.

$$\begin{aligned}
 RIA &= \frac{C\$ 1,111,464}{10 \text{ años}} = C\$ 111,146/\text{año} \\
 RIM &= \frac{111,146}{12} = C\$9,262 \\
 RID &= \frac{C\$9,262}{30 \text{ d}} = C\$308 \\
 CSU &= \frac{C\$308}{16} = C\$19.2
 \end{aligned}$$

( 55) Referencia propia

Ya que la depreciación es acelerada, la carga impositiva en este caso es:

$$\begin{aligned}
 RIA &= \frac{C\$ 1,111,464}{5 \text{ años}} = C\$ 222,292.8/\text{año} \\
 RIM &= \frac{C222,292.8}{12} = C\$18,524.4 \\
 RID &= \frac{C\$18,524.42}{30 \text{ D}} = C\$618 \\
 CSU &= \frac{C\$618}{32} = C\$19.2
 \end{aligned}$$

( 56) Referencia propia

#### 8.8.4 Producción Anual Energética

Para obtener el ahorro monetario anual proyectado, se estima el potencial de producción energética anual del sistema fotovoltaico solar según su radiación solar promedio por medio de la siguiente ecuación:

$$(\text{Producción anual energético}) Eea = 46 \text{ kw} * 365 \text{ dias}$$

$$(\text{Producción anual energético}) Eea = 16,790 \text{ watts}$$



Donde:

- $E_{ea}$  = Producción anual energética
- $PN$  = Potencia nominal de la planta solar en este caso, 46 kW.
- $e$  = Eficiencia de la planta solar o  $e = 1 - \%Perdidas$ .

Para la evaluación se calculó un porcentaje de pérdidas igual a 18% por eficiencia de transformación del inversor, temperaturas sobre la superficie de los paneles, mis match de las células solares y pérdidas en la transmisión de la energía por efectos de transferencia de calor. Dichas pérdidas dan como resultado a una eficiencia de la planta equivalente al 82%.

- $R_c$  = Radiación solar de la ciudad donde se evalúa el potencial energético anual de la planta solar.
- $H_{pr}$  = Irradiancia solar promedio en condiciones nominales de ensayo (1000 W/m<sup>2</sup>).

### 8.8.5 Definir el consumo diario

Teniendo en cuenta el tiempo de trabajo diario de la bomba desaladora, en este caso 9 horas, y la potencia global del sistema fotovoltaico será eficiente 40 kW, la energía consumida diariamente es de 40 kWh.

### 8.8.6 Cálculo del consumo real

Para tener una estimación más real en el dimensionado del sistema fotovoltaico, se utilizará la ecuación

$$C_{total\ corregido} = Consumo\ Wh_{sistema} \\ \eta_{inv} \cdot V_{sistema} \cdot \eta_{cableado} \cdot \eta_{batería}$$

Donde: Consumo Wh<sub>sistema</sub> = energía consumida por el sistema diariamente

$V_{sistema}$  = voltaje del sistema  $\eta_{inv}$  = eficiencia del inversor

$\eta_{cableado}$  = eficiencia del cableado  $\eta_{batería}$  = eficiencia de la batería

Definir radiación solar incidente Basado en el atlas de radiación global horizontal media diaria para cada mes del año, proporcionado por la estación climatológica principal de la

Universidad Francisco de Paula Santander para la ciudad de Cúcuta, perteneciente al IDEAM se determinaron cuáles son los meses con valores de radiación solar más bajos.

Se observa que marzo es el mes con radiación solar más baja con 4.660,8 Wh/ m<sup>2</sup>, usando su equivalente en horas solar pico, se determinó que la radiación solar para este mes es de 4,66 HSP. (García. Sepúlveda y Ferreira, 2009)

### **8.8.7 Consideraciones legales de sistema fotovoltaico en Nicaragua**

Ley No. 532: Ley para la promoción de Generación Eléctrica con fuentes Renovables

Artículo 1. Objeto: Esta Ley tiene por objeto promover el desarrollo de nuevos proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables y de proyectos que realicen ampliaciones a la capacidad instalada de generación con fuentes renovables y que se encuentren actualmente en operación, así como de los proyectos de generación de energía eléctrica que usen como fuente la biomasa y/o biogás producidos en forma sostenible, estableciendo incentivos fiscales, económicos y financieros que contribuyan a dicho desarrollo, dentro de un marco de aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos renovables.

Artículo 2.- Definiciones: Para esta Ley se establecen las siguientes definiciones adicionales a las incorporadas en la Ley de la Industria Eléctrica y sus Reformas:

Fuentes renovables: Son aquellas fuentes o recursos renovables que existen en la naturaleza, y se pueden extraer, de forma sostenible y que son capaces de producir energía eléctrica mediante el aprovechamiento de los mismos. Incluyen los siguientes: Hidráulicos, eólicos, solares, geotérmicos y otros.

Decreto No: 13-2004 Establecimiento de la Política Energética Nacional Gaceta No 45 04/Mar/2004

La política energética de Nicaragua está comprometida a fomentar la inversión en las energías renovables, para que a mediano y largo plazo exista:

- La matriz energética diversificada.
- Aprovechamiento óptimo de las fuentes renovables.
- Ahorro de divisas.

- Estabilización a mediano plazo de los precios de la electricidad.
- Mejora en la calidad ambiental del país. (Quintero, 2018)

### Costos actuales de generación eléctrica en el SING

Teniendo todo lo anterior en cuenta, en cuanto a beneficios y rendimientos, y como mencionamos en un apartado anterior sobre las ventajas que presenta la ubicación geográfica de Nicaragua, es fácil deducir que el plano geográfico apto para desarrollar la energía solar fotovoltaica a menores costos de inversión por kWh es el oeste de Nicaragua, donde tenemos mayores índices de radiación, bajos costos de terreno, bajos costos de construcción, transmisión y una evaluación ambiental más amigable socialmente, entre otros aspectos relevantes.

Precio del kilo watt generado por el SFV=costo total de la inversión/ producción total de la energía

$$Pkw = Cti/Eea*TKWG$$

$$(57) \quad Pkw = C\$1,111,464/177,900TKWG$$

Fuente propia

$$Pkw = C\$6.24 \text{ cordobas}$$

Precio del kilo watt conectado a la red=consumo total KW\* producción anual de la energía

Teniendo en cuenta que el consumo mensual sobrepasa los 150 KW/h saliéndose del subsidio que el gobierno otorga, el consumo mensual es de 1,380KW/h.

(58)	$CTI = 177,900KW * C\$11,84$ $CTI = C\$2,106,336.00$	Fuente propia
------	--	---------------

El precio del kW ya generado por el SFV es de C\$6.24 córdobas

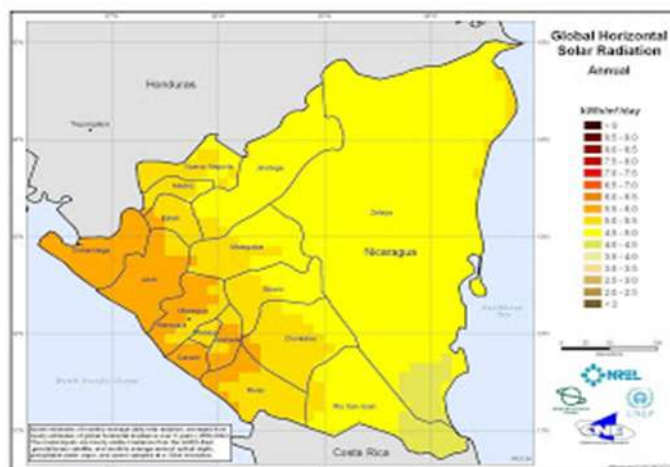


Ilustración 22 Mapa de radiación solar extraída de Google

### 8.8.7.1 Proyección de generación

Consideramos la tabla como auto explicativa, aunque cabe mencionar que el “turn-key system” se refiere a aquellas obras de ingeniería donde los ingenieros y los constructores son la misma entidad de manera que puede ser vendida al comprador como un producto completo.

Se toma como año referencial el 2008 y se muestran precios para el 2020,2030 y 2050.

Se ve como es consistente la generación voltaica con lo anterior comentado, teniendo para el 2050 un 10.8 de generación.

Tabla 14 Generación fotovoltaica

Objetivos para el sector residencial		2005	2020	2030	2050
Precio típico del sistema llave en mano (2008 USD/KW)		6000	2700	1800	1200
Costos típicos de generación de electricidad	2000kwh/kw	360	160	100	65
	1500kwh/kw	450	210	135	90
	1000kwh/kw	720	315	205	135
Objetivos para el sector comercial		2005	2020	2030	2050

Precio típico del sistema de llave en mano 2008 (USD/KW)		5000	2250	1500	1000
Costos típicos de generación de electricidad (2008USD/WTH)	2000kwth/kw 1500kwth/kw 1000kwth/kw	300 400 600	130 175 260	85 115 170	55 75 110
Objetivos para el sector de servicios públicos		2005	2020	2030	2050
Precio del sistema tropical llave en mano (2008USD/KW)		5000	2250	1500	1000
Costos típicos de generación de electricidad (2008USD/MWTH)	2000kwth/kw 1500kw/kw 1000kw/kw	300 400 600	130 175 260	85 115 170	55 75 110
Objetivos para sector de servicios públicos		2005	2020	2030	2050
Precio del sistema llave en mano		4000	1800	1200	800
Costo de generación de electricidad	2000kwth/kw 1500kwth/kw 1000kwth/kw	240 320 450	105 140 210	70 90 135	45 60 90
Generación de electricidad fotovoltaica en la vigésima	210	2020	2030	2040	2050
Residencial	23	153	581	1244	1794
Comercial	4	32	144	353	585
Utilidad	8	81	368	910	1498
Fuera de la red	3	32	154	401	695
Total	37	298	1247	2907	4572
Participación de la generación de	0.2	1.3	4.6	8.5	10.8

electricidad mundial %					
Capacidad fotovoltaica en GW	2010	2020	2030	2040	2050
Residencial	17	118	447	957	1380
Comercial	3	22	99	243	404
Utilidad	1.6	8	28	37	44
Fuera de la red	2	21	103	267	463
Total	27	210	872	2019	3155
Mercado fotovoltaico anual en GW	2010	2020	2030	2040	2050
Residencial	4.1	18	50	55	53
Comercial	0.7	4	13	17	20
Utilidad	1.6	8	25	37	44
Fuera de la red	0.6	4	14	19	24
Mercado anual total	7.0	34	105	127	141

*García Sepulto 2018*

## 9. CONCLUSIONES

La región del corredor seco de nicaragua posee, excelentes condiciones naturales para la instalación de un sistema fotovoltaico para la energización de una bomba desalinizadora que genere una producción, de agua para riego en la finca el tiangué que en verano tiene problemas de riego, la tendencia sociales y tecnologías están a favor del consumo de esta fuente energética que es renovable y de una sola inversión con un mínimo de mantenimiento. El dimensionamiento del sistema foto voltaico, el cual, será diseñado basándose en el menor dato de radiación solar que llega al punto deseado, la cantidad de horas pico de sol y el tiempo de autonomía del sistema que estará aislado por tanto debe de tener un promedio de energía extra para tiempos de baja insolación y que el sistema sea factible para el dueño de la finca. Se debe caracterizar los potenciales energéticos de la irradiación solar en la ubicación geográfica de la finca el tiangué, donde se establece, que para dicha ubicación se percibe irradiación muy buena por encontrarse en el corredor seco con una amplitud térmica alta las cuales son indicadores muy buenos para la instalación de un sistema fotovoltaico para una bomba desalinizadora.

La finalidad de la presente propuesta de analizar la factibilidad de instalar un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas aislada, para alimentar el consumo energético de una bomba desalinizadora.

Se demostró a través del análisis los cálculos Valor Precio Neto, que es factible invertir en esta propuesta, se puede obtener una inversión inicial de, 1.111.464 demostrando que en 10 y 5 años recupera la inversión. Por lo tanto, determinamos que proponer este proyecto en la finca el tiangué el tránsito león es factible ya que tendremos recuperación al largo y corto plazo.

## 10 RECOMENDACIONES

Recomendamos a las personas que lleven el proyecto a más profundidad ya que se puede utilizar para un proyecto de potabilización de agua de mar para consumo humano.

Para una producción más eficiente aumentar el volumen de rendimiento aumentar la cantidad de paneles como de baterías para que trabaje unas horas más de producto terminado o libre de sales minerales.

Además de obtener mayor resultado se propone un sistema de automatización para los diferentes ciclos de la planta de saladora de agua de mar.

Se recomienda también de aumentar el almacenamiento para mantener la producción captada para largos periodos de sequía en el lugar.

Se recomienda que por motivo de tiempo en invierno o por falta de luz solar podría acoplarse un generador para en eso momento que el sistema fotovoltaico falle quede de respaldo un generador que tenga las mismas condiciones del sistema fotovoltaico.

Además, se puede aumentar el área de riego de  $\frac{1}{2}$  manzana a 2 manzanas para disminuir el tiempo de recuperación de la inversión total con el cual solo se aumentarían las mismas tuberías de riego con llaves de distribución para dejar el riego en periodos de horas (2) por cada zona.



## 11. BIBLIOGRAFIA

- Mery y Vacarezza. (2008). *Tendencias actuales de precios y tecnologías en plantas de generación fotovoltaica*. Trabajo de investigación. Recuperado el 28 de 07 de 2020, de <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno13/fotovolt/Informe%20Final.htm>
- Aguilar, O., Granera, M., & Gutierrez, O. (24 de 07 de 2020). <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/35>.
- Aguilar, O., Granera, M., & Gutierrez, O. (24 de 07 de 2020). Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/35>.
- Aguilar. Granera y Gutierrez, O. M. (25 de 07 de 2020). <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/35>.
- Aguilar. Granera y Gutierrez, O. O. (26 de 07 de 2020). [riul.unanleon.edu.ni](http://riul.unanleon.edu.ni).
- Alvares, M. M. (11 de ENERO de 2014). La radiación solar global en la provincia de la Loja, evaluación preliminar utilizando el método de HOTTEL. *INGENIUS*. Recuperado el 12 de 08 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/5055/505554817004.pdf>
- Anónimo. (04 de 12 de 2019). *Electronica Facil*. Obtenido de Electronica Facil: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.html>
- Atmospheric. (25 de 07 de 2020). <http://www.instesre.com/Solar/grid.cgi.htm>. Obtenido de Atmospheric science data center.
- Braga, N. C. (2017). *incb*. Obtenido de incb: <http://www.incb.com.mx/index.php/articulos/9-articulos-tecnicos-y-proyectos/1680-fuentes-sin-transformador-art280s>
- Carballo, G. A. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación. *REDVET*, 17(6). Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- Chaverra, D. (16 de Abril de 2018). *acrlatinoamerica*. Obtenido de acrlatinoamerica: <https://www.acrlatinoamerica.com/201904168641/noticias/empresas/demanda-mundial-de-energia-aumento-un-2-3-en-2018.html>
- Condit, R. (domingo de mayo de 2016). *trabajos-espe*. Obtenido de trabajos-espe: <http://trabajos-espe.blogspot.com/2016/05/fuente-regulada-dc-12v-1a-sin.html>
- Ecured.cu*. (2019). Obtenido de [ecured.cu](https://www.ecured.cu): [https://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara\\_fluorescente](https://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara_fluorescente)

- Endef. (12 de 09 de 2017). Tipos de paneles solares. Energía solar para principiantes. *ENDEF Solar Solutions*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://endef.com/tipos-de-paneles-solares/>
- Energía, I. N. (2019). *INE*. Obtenido de INE: <https://www.ine.gob.ni/index.php/electricidad/subsidio-residencial-150-kwh/>
- Gallegos, R. H. (2017). *ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA LIMPIA MEDIANTE CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO 4 EN EL ITS LV*. Villahermosa. Recuperado el 12 de 08 de 2020, de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/97/1/HernandezGallegosRodolfo%20MMANAV%202017.pdf>
- García, Sepúlveda y Ferreira. (s.f.). Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico en una planta de tratamiento de agua. *Dialnet*. doi: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.04>
- Gha. (23 de 07 de 2020).
- Jimenez y Ibarra, E. M. (24 de 07 de 2020). *Academica-e.unavarra.es*.
- Jimenez, E., & Ibarra, M. (23 de 07 de 2020). *Academica-e.unabarra.es*.
- López, M. A. (16 de 06 de 2020). Cómo funciona un sistema de paneles solares aislado. *Suncore Solar Energy*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://suncore.com.mx/paneles-solares/como-funciona-un-sistema-de-paneles-solares-aislado/>
- Maldonado y Jarquín. (2016). *Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua*. Recuperado el 20 de 08 de 2020, de <https://repositorio.unan.edu.ni/5450/1/17843.pdf>
- Mavo, M. F. (2001). Irradiación solar global en la ciudad de Valencia. (Global solar irradiation in the city of Valencia). *INGENIERÍA UC*. Recuperado el 20 de 08 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70780207.pdf>
- McAllister, W. (2019). *khanacademy.org*. Obtenido de [khanacademy.org](https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-natural-and-forced-response/a/ee-rc-natural-response): <https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-natural-and-forced-response/a/ee-rc-natural-response>
- Mojica y Sánchez, D. C. (2017). Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la generación de. *Artículos teóricos*, 17. Recuperado el 19 de 07 de 2020, de <http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/43/74>
- Nicholas Keyes, A. R. (3 de octubre de 2018). *bancomundial.org*. Obtenido de [bancomundial.org](https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview): <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>

- Nieto, E. (15 de Mayo de 2014). *fidestec*. Obtenido de *fidestec*: <https://fidestec.com/blog/fuentes-de-alimentacion-conmutadas-01/>
- Nieto, E. (30 de 12 de 2014). *Fidestec*. Obtenido de *Fidestec*: <https://fidestec.com/blog/fuentes-de-alimentacion-conmutadas-02/>
- Pardell, X. (24 de 8 de 2019). *Apuntes de electromedicina*. Obtenido de *Apuntes de electromedicina*: <https://www.pardell.es/fuentes--conmutadas-v.html>
- Peusa. (2019). Cómo funcionan las placas solares en días nublados. *Peusa*. Recuperado el 26 de 08 de 2020, de <https://www.peusa.org/com-funcionen-plaques-solars-dies-nuvol/?lang=es>
- Prysmian. (10 de 10 de 2019). Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 5 kW para autoconsumo. *Prysmamian*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-5-kw-para-autoconsumo/>
- Quintero. (16 de 3 de 2018). Diseño de un sistema de riego automatizado alimentado con energía solar fotovoltaica para una finca cde 5 manzanas. doi:Proporcionado por la Unan Managua
- Raffino, M. E. (24 de Febrero de 2019). *Concepto.de*. Obtenido de *Concepto.de*: <https://concepto.de/fuente-de-alimentacion/>
- Reyes, C. (2018). Los requerimientos Hifdricoa del maíz. *Agro.com*. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de <https://panorama-agro.com/?p=2990>
- Sancho, E. M. (1993). *Analisis y Diseño de un Convertidor Boost-PWM para la correccio dinamica del factor de potencia*. Valencia: Edition ProQuest LLC.
- Santos, Dias y Castro . (2017). Influencia del ángulo de inclinación de los módulos solares en la generación de electricidad de una central fotovoltaica. *ResearchGate*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de [https://www.researchgate.net/publication/317949936\\_Influencia\\_del\\_angulo\\_de\\_inclinacion\\_de\\_los\\_modulos\\_solares\\_en\\_la\\_generacion\\_de\\_electricidad\\_de\\_una\\_central\\_fotovoltaica](https://www.researchgate.net/publication/317949936_Influencia_del_angulo_de_inclinacion_de_los_modulos_solares_en_la_generacion_de_electricidad_de_una_central_fotovoltaica)
- Solar, A. (31 de 08 de 2020). Cómo calcular la inclinación de un panel solar. *Energia solar y bomba de agua*. Recuperado el 18 de 09 de 2020, de <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/como-calcular-la-inclinacion-de-un-panel-solar>
- Soliclima, N. (15 de 09 de 2005). Energía solar. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://news.soliclima.com/divulgacion/energia-solar/introduccion-a-la-energia-solar-fotovoltaica>
- Tituaña, A. S. (2016). Estudio de la incorporacion de baterias en sistemas fotovoltaicos. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de

[http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM\\_MERSE\\_Alberto%20Santill%C3%A1n.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM_MERSE_Alberto%20Santill%C3%A1n.pdf)

Usera, J. D. (3 de junio de 2018). *Hard Zone*. Obtenido de Hard Zone: <https://hardzone.es/2018/06/03/pfc-fuente-alimentacion-mejora-eficiencia/>

*uv.es*. (2 de 10 de 2019). Obtenido de uv.es: <https://www.uv.es/marinjl/electro/555.htm>

Villardell, E. N. (2015). *Fuentes de alimentación conmutadas en la práctica*. Fidestec Ediciones.

Villardel, E. N. (2015). *Fuentes de alimentación conmutadas en la práctica*. Fidestec ediciones.

## 12. ANEXOS

### Lugar del sitio de propuesta del proyecto



*Ilustración 23 Foto del lugar fuente propia*



*Ilustración 24 Distancia del punto de la desalinizadora al punto de riego*

## 12.1 Datos de radiación

El sol sale de este a oeste, igual sería la posición de los paneles



*Ilustración 25 Imagen de radiación solar*

# Batería



## RT 12180 (12V18Ah)

RT 12180 is a general purpose battery with 5 years floating design life, meet with IEC, JIS standard. With heavy duty grid, thickness plates, special additives, RT series battery have long and reliable standby service life.



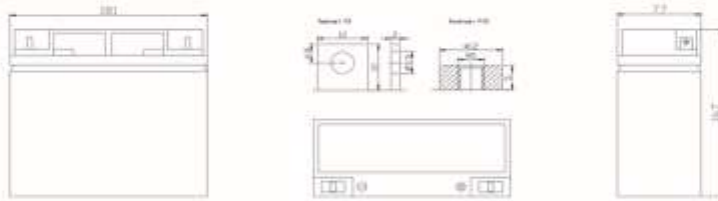
### Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	18Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 5.0 Kg
Max. Discharge Current	180 A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 14 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.7 to 13.9 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	5.4 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Faston F3/F13
Container Material	A. B. S. (UL94-HB), Flammability resistance of UL94-V2 can be available upon request.



### Dimensions

Unit: mm Dimension: 181(L)×77(W)×167(H)



### Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	73.19	47.99	37.61	21.11	12.55	7.226	4.910	3.929	3.263	2.078	1.799	1.010
10.0V	70.55	46.79	36.41	20.84	12.20	7.080	4.820	3.875	3.208	2.070	1.781	0.973
10.2V	66.40	44.47	35.40	20.53	12.09	7.005	4.777	3.837	3.173	2.051	1.754	0.955
10.5V	59.69	41.58	33.39	19.96	11.85	6.914	4.734	3.800	3.135	2.033	1.745	0.927
10.8V	53.48	38.78	31.50	19.30	11.64	6.857	4.679	3.781	3.102	2.025	1.716	0.873
11.1V	46.79	35.55	29.06	18.57	11.32	6.581	4.587	3.748	3.070	2.009	1.689	0.858

### Constant Power Discharge Characteristics : W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	770.0	510.4	402.7	241.7	145.7	84.30	57.40	46.50	38.63	24.89	21.56	12.10
10.0V	749.9	499.8	396.9	239.2	143.5	83.58	57.28	46.39	38.43	24.79	21.35	11.67
10.2V	713.3	480.0	391.7	237.1	142.5	83.05	57.07	46.01	38.06	24.60	21.15	11.46
10.5V	651.0	460.2	371.3	232.3	140.6	82.38	56.83	45.59	37.61	24.40	20.93	11.13
10.8V	587.4	430.5	350.8	226.8	138.3	81.70	56.17	45.42	37.22	24.29	20.61	10.49
11.1V	518.0	400.8	330.4	220.6	135.7	78.88	55.07	44.96	36.86	24.12	20.31	10.32

All mentioned values are average values.

Ilustración 26 Características de las baterías

## Inversor



*Ilustración 27 inversor fuente*

*Tabla 15 Característica del inversor*

Pure Sine Wave 000W-6000W Off Grid Solar Inverter Charger	
Item NO	PV1000-10000
Power	1000-6000W
Voltaje	48v
Voltage	110V-240V
Number of Mpp Trackers	1
Certificate	CE/TUV/VDE/UL
Payment	T/T

*fuente propia*



Controlador de carga

*Tabla 16 Característica del controlador de carga*

Solar Charger Controller Bluesun Mppt12V 24V 48V	
Application	Off grid system
Rated Voltage	12/24/48V
Maximum Current	40/50/60 <sup>a</sup>
Certificate	CE
Lead time	20 Working day
Payment	TT

*Fuente propia*

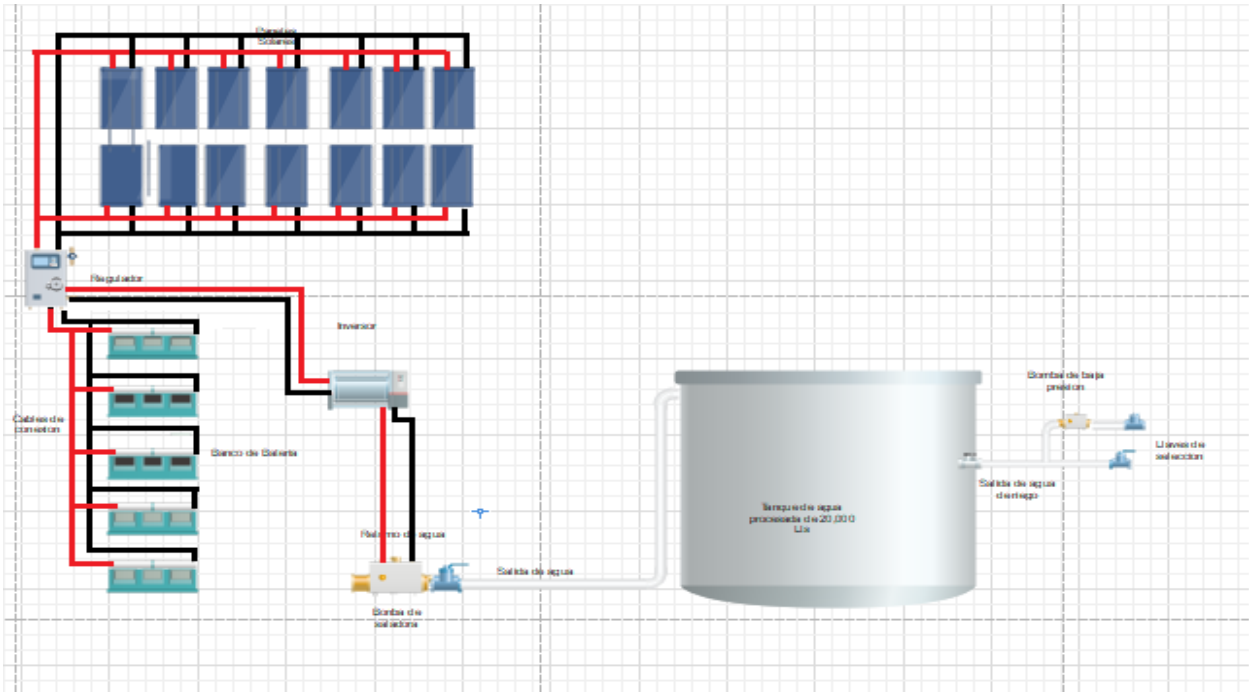


*Ilustración 28 Inversor*

*Tabla 17 Característica de la bomba desaladora*

Equipo completo de desalinización especificaciones.	
Modelo	PS-RO 1018
Capacidad de producción	1000 - 1800 L/día
Potencia	2.2 KW
Conexión de alimentación	3/4". 19.05 Mm
Conexión de rechazo	1/2". 12.7 Mm
Conexión de producción	1/4". 6.35 Mm
Expulsión de sal mínima	99.4%.
Presión el agua de mar mínima	1 kg/cm <sup>2</sup>
Presión máxima de operación	70 kg/cm <sup>2</sup> = 391 PSI
Presión máxima de entrada de agua	6 kg/cm <sup>2</sup>
Rango de temperaturas del agua de mar	2 - 40 °C
2 - 40 °C	2 - 40 °C: 40 000 ppm TDS
Pre filtro de 5 micras	opcional hasta 1 micra
Ruido	82 db (A)
Dimensiones	1191 x 675 x 270 mm
Peso	84 kg
Costo	\$12, 889

## Equipo desalinizador



*Ilustración 30 Sistema de desalador fuente propia*



*Ilustración 29 Sistema de desalador fuente propia*