

**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**

UNAN - MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

**TRABAJO DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

**TEMA: PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA PURIFICACIÓN DE
AGUA UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA COMUNIDAD
LOS CHILAMOS DEL MUNICIPIO DE DIRIAMBÁ EN EL PERIODO DE
SEPTIEMBRE 2016 A MAYO 2017**

AUTOR: BR. LUIS FERNANDO VELÁSQUEZ PADILLA

EMAIL: lfvp1995@yahoo.es

TUTOR: MSc. EDISON DIOGENES CUEVAS VIDEA

MANAGUA JULIO 2017

DEDICATORIA

Dedico este Título a la persona más importante en mi vida, quien es mi mamá Martha Dalila Padilla Guillén por su gran apoyo incondicional y esfuerzo para llegar a este acontecimiento tan importante en mi vida.

Siempre ha estado pendiente de mí para lograr mi mayor sueño que es terminar mi carrera profesional y por supuesto siempre con la ayuda de Dios nuestro Señor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, a mis maestros, a mis padres Martha Dalila Padilla y Jorge Luis Velásquez, a mi tío Arnulfo Areas, a mis abuelos Ignacia de Jesús Silva y Leonel Sequeira, a mi tía Sebastiana Velásquez, a mi tío Agustín Velásquez y también a una persona muy especial que es mi novia Fátima Esmeralda Mejía Osejo por el esfuerzo y apoyo incondicional con mucho amor para lograr llegar a este día tan especial en mi vida como es el de alcanzar mi sueño y mi triunfo que es culminar mi carrera profesional.

Br. Luis Fernando Velásquez Padilla.

CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
4. JUSTIFICACIÓN	4
5. OBJETIVOS	5
5.1 OBJETIVO GENERAL	5
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
6. DESARROLLO.....	6
6.1 Localización del lugar	6
6.2 CONCEPTOS GENERALES	7
6.2.1 Radiación solar.....	7
6.2.2 Tipos de radiación provenientes del sol.....	8
6.2.2.1 Radiación directa.....	8
6.2.2.2 Radiación difusa	8
6.2.2.3 Radiación reflejada.....	9
6.2.3 Constante solar	9
6.2.4 Horas pico solar.....	10
6.2.5 Energía	11
6.2.5.1 La energía eléctrica	11
6.2.5.2 En la energía fotovoltaica	12
6.2.5.3 Célula fotoeléctrica	12
6.2.6 Energía Fotovoltaica y precipitaciones en la ciudad de Diriamba.....	13
6.2.7 Pasos que se utilizan para la purificación del agua	15
6.2.7.1 Fase de filtración	15
6.2.7.2 Fase de sedimentación	15
6.2.7.3 Fase de absorción	15
6.2.7.4 Fase de destilación	15
6.2.7.5 Fase de oxidación biológica	15
6.2.7.6 Fase de desinfección	16
6.3 PARÁMETROS PERMITIDOS Y LA CALIDAD DEL AGUA	17

6.4 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA.....	20
6.4.1 Los paneles solares fotovoltaicos	20
6.4.1.1 Tipos de paneles	20
6.4.1.2 Dimensionamiento del panel solar	21
6.4.1.3 Orientación óptima de los paneles fotovoltaicos	22
6.4.1.4 Beneficios de instalación fotovoltaica en Nicaragua.....	23
6.4.2 Los reguladores de carga	24
6.4.2.1 La fase de igualación	25
6.4.2.2 La fase de carga profunda.....	25
6.4.2.3 La fase de carga final y flotación	25
6.4.3 Dimensionamiento de cables para el sistema fotovoltaico	26
6.4.4 Baterías para el almacenamiento de energía	27
6.4.4.1 Dimensionamiento de la Batería	27
6.4.5 Inversor de DC/AC.....	29
6.4.5.1 Funcionamiento del inversor	29
6.4.5.2 Características del inversor	29
6.4.5.3 Beneficios que presenta un inversor	29
6.4.5.4 Advertencia del uso de inversores	29
6.4.6 Servomecanismo para el seguidor solar.....	31
6.4.7 Electrobomba para la extracción del agua.....	32
6.4.7.1 Ventajas del sistema de bombeo solar.....	32
6.4.7.2 Desventajas del sistema de bombeo solar	32
6.4.8 Análisis hidráulico en un sistema de bombeo de agua	32
6.4.8.1 Carga dinámica total.....	33
6.4.8.2 Carga estática	33
6.4.8.3 Carga dinámica (Fricción)	34
6.4.8.4 Volumen diario del consumo de agua.	34
6.4.9 Electroválvulas para el cierre del paso del agua	35
6.4.10 Sensores para el monitoreo de la temperatura.....	36
6.4.10.1 Sensor LM35.....	36

6.4.11 Sensor de nivel de líquido	37
6.4.12 Sensor de posición	38
6.4.12.1 Funcionamiento del sensor de luz.....	39
6.5 MECANISMO PARA PURIFICAR EL AGUA	40
6.5.1 Colector cilíndrico parabólico.....	40
6.5.1.1 El Reflector Cilíndrico Parabólico	40
6.5.1.2 Tubo absorbente	40
6.5.1.3 Las dos principales orientaciones del eje de giro de un ccp.....	41
6.5.1.4 Parámetros básicos de un ccp	41
6.5.1.4.1 Razón de concentración (C)	41
6.5.1.5 Angulo de aceptación	41
6.5.2 La destilación solar	43
6.5.3 Destiladores solares	43
6.5.4 Rendimiento de los destiladores.....	44
6.5.5 Dimensionamiento del destilador solar	45
6.5.5.1 Cantidad de calor necesario para calentar y evaporar	45
6.5.5.2 Calor necesario para calentar el vidrio	45
6.5.5.3 La masa del vidrio se calcula por medio de.....	46
6.5.5.4 Calor necesario para calentar agua	46
6.6 CÁLCULOS DE POTENCIA ELÉCTRICA Y ENERGÍA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	48
6.6.1 Parámetros del sistema de bombeo	49
6.6.2 Dimensionamiento de equipos fotovoltaicos.....	49
6.6.3 Cuantificación de potencia solar a instalar	50
6.6.4 Numero de módulos fotovoltaicos a instalar	50
6.7 DISEÑO DEL ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA	51
6.7.1 Transformación de la energía	54
6.7.2 Sistema de seguidor solar	55
6.7.3 Sistema de nivel de agua	60
6.7.3.1.2 Representación matemática del llenado del tanque.....	62

6.7.4	Proceso de purificación del agua.....	65
6.7.5	Sensor de temperatura del Colector Cilíndrico Parabólico y del destilador solar.....	66
6.7.5.1	Visualizador LCD.....	66
6.8	VERIFICAR EL PROTOTIPO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA.....	72
6.8.1	COSTO APRÓXIMADO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA.....	74
7.	CONCLUSIONES	75
8.	RECOMENDACIONES	77
9.	BIBLIOGRAFÍA	78
10.	ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la comarca Los Chilamos.	6
Figura 2. Tipos de radiación solar.	8
Figura 3. Radiación solar.	9
Figura 4. Celda Fotovoltaica.....	13
Figura 5. Precipitaciones que ocurren en el año en Diriamba.	14
Figura 6. Panel fotovoltaico poli cristalino de 260W marca RENESOLA.....	21
Figura 7. Regulador de carga de 12V a 30A.	24
Figura 8. Baterías para el almacenamiento de la energía fotovoltaica 115Ah a 12V.....	28
Figura 9. Inversor hibrido de corriente directa a corriente alterna.	30
Figura 10. Servomotores.	31
Figura 11. Componentes hidráulicos de un sistema de bombeo solar.	33
Figura 12. Electrobomba.	35
Figura 13. Electroválvula.	36
Figura 14. Sensor de temperatura LM35.....	37
Figura 15. Relevador doble contacto.....	38
Figura 16. Sensor de luz LDR.	39
Figura 17. Colector cilíndrico parabólico.	40
Figura 18. Gráfica de los valores encontrados de la ecuación cuadrática.	42
Figura 19. Destilador solar.	44
Figura 20. Diseño de un sistema de bombeo solar.	48
Figura 21. Esquema completo del sistema de purificación de agua.....	51
Figura 22. Diagrama completo del proceso de la purificación del agua.	52
Figura 23. Diagrama en bloque de la generación de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.	53
Figura 24. Diagrama físico de un sistema de generación eléctrica con paneles fotovoltaicos.	53
Figura 25. Diagrama de bloques de un seguidor solar.....	55
Figura 26. Seguidor solar.	55
Figura 27. Mico controlador Arduino Uno.	57
Figura 28. Diagrama electrónico del sistema de seguidor solar.....	58
Figura 29. Diagrama de flujos del seguidor solar.	59
Figura 30. Diagrama en bloques del sistema de nivel de agua.	60
Figura 31. Diseño electrónico del sistema de nivel de agua.	61
Figura 32. Destilador solar con colector cilíndrico parabólico.....	65
Figura 33. Diagrama en bloques de un sensor de temperatura.	66
Figura 34. Pantalla LCD 16x2 utilizada para Arduino.....	67

Figura 35. Circuito del sensor de temperatura con LM35.....	68
Figura 36. Diagrama de flujos del sensor de temperatura.....	69
Figura 37. Diagrama general del sistema de purificación de agua.....	70
Figura 38. Esquema de conexión del sistema electrónico de purificación de agua.	71
Figura 39. Pequeña maqueta ilustrativa del sistema de purificación de agua.	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Coordenadas de la ubicación de la comarca Los Chilamos.	7
Cuadro 2. Radiación solar en la comunidad Los Chilamos.	10
Cuadro 3. Parámetros bacteriológicos según OMS para el consumo humano. ...	17
Cuadro 4. Valor permitido de metales según la OMS para el consumo humano. 18	
Cuadro 5. Características del panel solar fotovoltaico marca RENESOLA.	21
Cuadro 6. Calibre de cable a utilizar según la corriente suministrada y la distancia.	26
Cuadro 7. Características de la batería.	28
Cuadro 8. Características del sensor LM35.	37
Cuadro 9. Características del sensor LDR.	39
Cuadro 10. Valores de ecuación cuadrática para CCP	42
Cuadro 11. Presupuesto del sistema automático de purificación de agua.	74



1. RESUMEN

La presente investigación realizada en la comunidad Los Chilamos en el periodo septiembre del 2016 hasta mayo del 2017, consiste en el diseño de un sistema automático de **purificación de agua** para beneficio de la comunidad, para ello se ha recopilado información, principalmente obtenida por estudio previos realizados en la zona, y la aplicación correcta de todos los requerimientos para obtener un sistema integral.

La comunidad tiene abastecimiento de agua potable por medio de la empresa ENACAL, pero algunas de ellas tienen unos pozos cercanos a sus viviendas y toman de ese líquido y en ocasiones puede causar daños a la salud debido a que esta agua puede que no sea de buena calidad, lo cual constituye un problema de salud pública. Otro requerimiento que hace especial el estudio es el relacionado a la energía eléctrica, se propone un sistema de energía fotovoltaica para obtener un doble beneficio, el económico y el medio ambiental.

Para lograr lo antes planteado se requerirá un **destilador solar** que permita la purificación del agua por medio del proceso de ebullición. Se colocan sensores de temperatura para estar monitoreando el calor que se produce en el interior, que serán enviados a un micro controlador llamado Arduino y este sistema estará alimentado mediante energía fotovoltaica y para el aprovechamiento al máximo de **la radiación solar** suministrada se instalarán unos sensores de luz y enviarán la información al micro controlador y este dará órdenes a unos servomotores para permitir el seguimiento del sol para los paneles fotovoltaicos.

La importancia de este diseño radica en que permite obtener agua limpia y libre de contaminantes para la comunidad utilizando energía fotovoltaica como fuente de alimentación del sistema.



2. INTRODUCCIÓN

En distintas regiones del país existen comunidades que aún no cuentan con agua potable, y las que tienen disponibilidad del líquido es común sea de baja calidad, exponiendo a la población a enfermedades.

La comarca Los Chilamos está ubicada en la ciudad de Diriamba y en algunas ocasiones no toman agua de buena calidad para consumo humano. Este proyecto constituye un beneficio a la salud de las personas del sector.

El diseño del sistema de purificación de agua presentado garantiza la eficiente eliminación de bacterias, además de la separación de metales pesados que podrían encontrarse en el líquido.

La purificación de Agua mediante destilación solar es un método que ya ha estado presente en la naturaleza, es un proceso que de igual manera sucede con la lluvia. El agua se evapora y sube, y al momento que llega a la parte más alta las bajas temperaturas convierten el vapor en gotas que caen en forma de lluvia.

En los destiladores solares se colocan sensores de temperatura para estar registrando hasta que niveles se encuentran, además se colocan paneles fotovoltaicos para el control de llenado del tanque, la bomba utilizada para la extracción del agua desde el pozo y servomecanismos para aprovechar al máximo la energía solar.

La implementación de este proyecto puede ampliarse a otras comunidades rurales a lo largo del territorio nacional, además de ser un proyecto novedoso no afecta el medio ambiente debido al aprovechamiento de energías renovables en este caso la energía solar.



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Nicaragua existen muchos lugares en las que aún no cuentan con agua potable y las comunidades toman agua de pozos y ríos pero a veces esta no se encuentra del todo limpia.

En la comunidad Los Chilamos del Municipio de Diriamba se cuenta con el agua potable pero en algunas ocasiones no es de buena calidad, lo cual permite el paso de muchas enfermedades que llegan a ocasionar innumerables problemas para la salud. Además de ésta zona, en las ciudades tienen mal uso del agua y en diversos casos se consume estando contaminada, así que un sistema de purificación sería de gran ayuda, no solo para las regiones rurales sino también a la población de las ciudades del país.

También el uso de la energía eléctrica en algunos sitios del país aún no está disponible y si se desea realizar un sistema de purificación de agua se necesitaría energía fotovoltaica para el funcionamiento, la cual no causa mucho daño al medio ambiente.

En la comunidad se ha observado que en ciertos hogares la electricidad es un gran problema ya que está muy apartado de la ciudad debido a esto se piensa en energía renovable que beneficia a muchas familias del sector. Esta es muy importante para los pobladores de la zona además es necesaria para realizar bombeo de pozos que existen en el lugar.

Un proyecto de este tipo es una gran solución para todos los habitantes y no solamente de la comunidad sino que para muchos lugares del país en el que existen demasiados problemas como este porque servirá como modelo para futuros proyectos de purificación de agua.



4. JUSTIFICACIÓN

El agua purificada presenta muchos beneficios para el consumo humano, debido a que existen numerosos lugares en el que ésta es muy escasa por el razonamiento que ocurre en diversas partes del país, además el líquido no está del todo limpia y contiene bacterias que afecta la salud de las personas.

Por esta razón es necesario realizar un diseño automático de agua purificada porque presentará muchos beneficios a las comunidades que tienen esa problemática. A través de diversos medios que se utilizan en este proceso se diseñará y todos los componentes electrónicos estarán siendo alimentados mediante energía fotovoltaica debido a que estas no causa daño al medio ambiente como la energía comercial y son recursos que se mantienen en la naturaleza ilimitadamente.

Las energías renovables dentro de un contexto natural, son energías que posibilitan su utilización durante un largo periodo de tiempo, que permanecen en una construcción cíclica de sí mismas, y que posibilitan el uso adecuado de los recursos naturales, entre las más importantes podemos encontrar la energía fotovoltaica.

Para lograr estos beneficios antes planteados es necesario conocer los parámetros más importantes que conlleven a un eficiente trabajo de purificación y automatización del sistema.



5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Prototipo de un sistema automático con Arduino para purificación de agua utilizando energía fotovoltaica en la comunidad Los Chilamos del municipio de Diriamba en el periodo de Septiembre 2016 a Mayo 2017.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la calidad del agua en la comunidad Los Chilamos del municipio de Diriamba.
- Determinar los requerimientos del sistema solar fotovoltaico para la purificación del agua.
- Realizar los cálculos de potencia eléctrica y la energía generada por el sistema solar fotovoltaico y el dimensionamiento del bombeo fotovoltaico.
- Diseñar un sistema automático con Arduino para purificación de Agua mediante Energía fotovoltaica.
- Verificar el prototipo del sistema automático de purificación de agua solar fotovoltaico mediante una maqueta.



6. DESARROLLO

En esta sección abordaremos conceptos muy importantes que se deben conocer para un mejor entendimiento de lo que se abordará en este trabajo investigativo.

6.1 Localización del lugar

La comarca Los Chilamos se encuentra ubicada al sur-oeste de la ciudad de Diriamba en el departamento de Carazo. El camino que conduce a esta es muy irregular y en la temporada de invierno es peor.

En la siguiente figura observaremos la ubicación de la comarca tomada desde el satélite proporcionada por google maps.



Figura 1. Ubicación de la comarca Los Chilamos.
Fuente: <https://www.google.com.ni/maps/>



En la siguiente tabla se muestra las coordenadas de la ubicación de la comarca Los Chilamos.

Cuadro 1. Coordenadas de la ubicación de la comarca Los Chilamos.

COORDENADAS	
OESTE	NORTE
86° 15' 39.0" W	11° 49' 18.0"N

Fuente: <https://www.google.com.ni/maps/>

6.2 CONCEPTOS GENERALES

6.2.1 Radiación solar

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

La radiación emitida al momento de llegar a la tierra ya no es la misma debido a que esta debe atravesar la atmósfera del planeta de manera que ciertas ondas de luz ultravioletas cortas son absorbidas por medio de los gases que se presentan en la capa de ozono y otras también son reflejadas por las nubes.

En su paso a través de la atmósfera, parte de la radiación solar es atenuada por dispersión y otra parte por absorción, y en función de cómo reciben la radiación solar objetos situados en la superficie terrestre. (EcuRed, s.f.)



6.2.2 Tipos de radiación provenientes del sol

En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir estos tipos de radiación:



Figura 2. Tipos de radiación solar.
Fuente: <http://www.monografias.com>

6.2.2.1 Radiación directa

La radiación directa es aquella en la que los fotones provenientes del disco solar viajan en línea recta y que llega hasta nosotros sin sufrir ninguna desviación. (PROGENSA, 2009)

6.2.2.2 Radiación difusa

Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos.



Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.

6.2.2.3 Radiación reflejada

La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

6.2.3 Constante solar

La constante solar se define como la cantidad de energía solar (W/m^2) que incide perpendicularmente en la cima de la atmósfera (extraterrestre) a la distancia media Tierra-Sol.

Su valor medio es de $1367.7 W/m^2$. La distribución espectral viene dada en la figura. En las longitudes de onda menores se pueden ver las líneas de absorción de Fraunhofer.

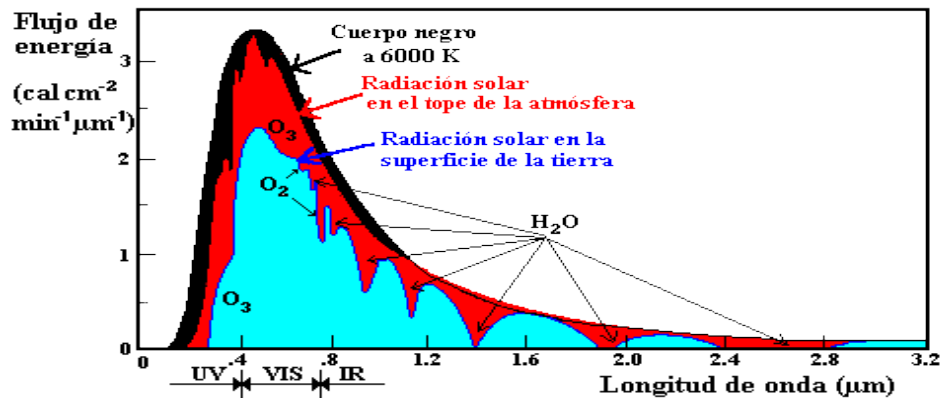


Figura 3. Radiación solar.
Fuente: <http://www.proteccioncivil.es>



Para la investigación la energía solar fotovoltaica es el corazón de todo el proyecto, debido a que por medio de ella es se podrá alimentar todos los sistemas necesarios que se deben utilizar.

Existen numerosas fuentes de generación de energía eléctrica como la eólica, la hidrológica, también la que se usa por medio de volcanes llamada geotérmica de igual forma esta la nuclear pero la energía fotovoltaica es muy accesible en lugares como en comarcas alejadas de la zona urbana ya que debido a la lejanía la energía comercial no es muy frecuente y si se llegara a disponer de ésta el costo sería demasiado elevado.

Pero con un sistema de energía fotovoltaica sería una gran inversión porque ésta no solamente podemos utilizarla para el sistema de purificación de agua sino que también podemos utilizarla para suministrar energía a casas que estén muy cercanas a esta instalación.

6.2.4 Horas pico solar

Se define hora pico solar, como las horas de luz solar por día equivalentes definidas en base a una irradiación de 1000W/m², a la cual siempre está medida la potencia de los paneles solares. (Diseño e implementación de un sistema automático de purificación de agua por medio de energía, reflexión solar y luz ultravioleta, 2015).

Cuadro 2. Radiación solar en la comunidad Los Chilamos.

Fuente: RETScreen

MESES	RADIACIÓN SOLAR kwh/m ² /d
ENERO	6.24
FEBRERO	6.84
MARZO	7.4
ABRIL	7.28
MAYO	6.37
JUNIO	5.95
JULIO	6.26
AGOSTO	6.27
SEPTIEMBRE	5.76



OCTUBRE	5.74
NOVIEMBRE	5.74
DICIEMBRE	5.84
ANUAL	6.3

En el cuadro anterior se aprecia las horas pico solar que incide en la comunidad Los Chilamos y es un dato muy importante que se debe tener en cuenta al momento de una instalación fotovoltaica. **Para más detalles de este cuadro ir a anexos.**

Para calcular las horas pico solar se aplica la siguiente fórmula:

Se tiene que la radiación solar anual es 6.3 kwh/m²/d aplicando la fórmula se obtiene que:

$$HPS = \frac{6.3kWh/m^2/dia}{1kW/m^2/dia} = 6.3 \text{ Horas}$$

6.3 Horas pico solar es anualmente en la comunidad y así se aplica para los demás meses del año.

6.2.5 Energía

6.2.5.1 La energía eléctrica

Es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) que se produce en el interior de materiales conductores (por ejemplo, cables metálicos como el cobre).

El origen de la energía eléctrica está en las centrales de generación, determinadas por la fuente de energía que se utilice. Así, la energía eléctrica puede obtenerse de centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante la biomasa o quema de compuesto de la naturaleza como combustible.



6.2.5.2 En la energía fotovoltaica

La luz del sol (que está compuesta por fotones) incide en las celdas de la placa, creándose de esta forma un campo de electricidad entre las capas.

Las células fotoeléctricas transforman la energía solar en electricidad en forma de corriente continua, y ésta suele transformarse a corriente alterna para poder utilizar los equipos electrónicos que solemos tener en nuestras casas.

El dispositivo que se encarga de esta transformación se denomina inversor. El inversor transforma la corriente continua en corriente alterna con las mismas características que la de la Red eléctrica a la que va a verse, controlando la uniformidad y calidad de la señal.

Esta corriente alterna generada finalmente pasa por un contador (que la cuantifica) y de allí es inyectada a la Red general.

6.2.5.3 Célula fotoeléctrica

También llamada célula, fotocélula o celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotovoltaico.

Compuestos de un material que presenta efecto fotoeléctrico: absorben fotones de luz y emiten electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

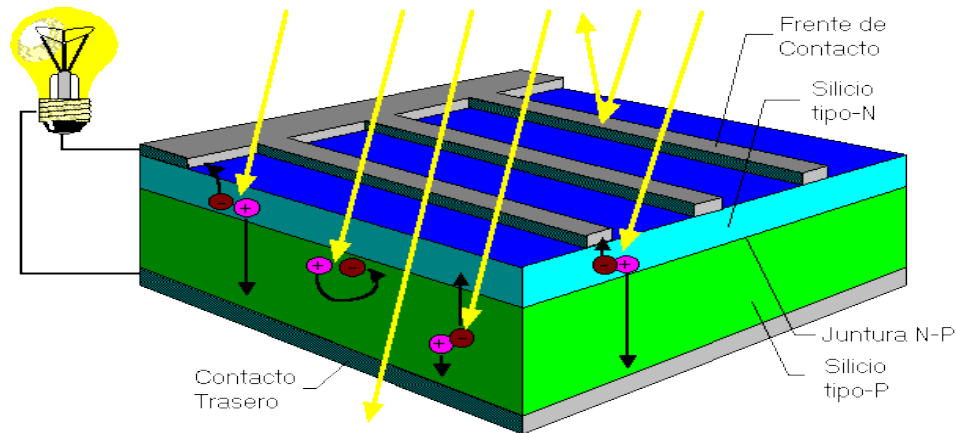


Figura 4. Celda Fotovoltaica.
Fuente: <https://cesacev.wordpress.com>

6.2.6 Energía Fotovoltaica y precipitaciones en la ciudad de Diriamba

En el año 2013 en la ciudad de Diriamba se inauguró un parque de Energía Solar más grande, con la capacidad de generar 1.3 megavatios de electricidad.

Esta se encuentra exactamente en la comunidad La Trinidad y proporciona electricidad a más de un mil viviendas cercanas. (EL NUEVO DIARIO, 2013)

Se estima que el parque solar ayuda a evitar la emisión de 1,100 toneladas de dióxido de carbono cada año.

Esta información es muy importante debido a esto sabemos que en la ciudad de Diriamba es una zona que es productiva para el consumo de energía solar a causa de la temperatura que esta presenta que se encuentran entre los 25 ° C y la precipitación media que presenta esta en 1538 mm.



Figura 5. Precipitaciones que ocurren en el año en Diriamba.
Fuente: <https://es.climate-data.org>

La menor cantidad de lluvia ocurre en Febrero. El promedio de este mes es de 6 mm. Mientras que la caída media es en Octubre 331 mm, el mes que presenta mayores precipitaciones del año.

Por medio de esta información se conoce que la ciudad de Diriamba presenta un clima apto para la instalación de paneles solares aunque la comarca La Trinidad esté alejada de la comunidad Los Chilamos. Las dos zonas son lugares que tienen muy escasa la energía eléctrica y los pobladores casi no poseen el servicio, pero la instalación de centrales solares es de gran beneficio para toda la comunidad.

El parque solar está a unos cuantos kilómetros de la comarca Los Chilamos pero hemos logrado conocer el estudio realizado anterior del clima en estas zonas, lo que indica que son lugares en la que la energía fotovoltaica es de gran utilidad gracias al aprovechamiento de la radiación presentada en el lugar.



6.2.7 Pasos que se utilizan para la purificación del agua

6.2.7.1 Fase de filtración

Tratan al agua pasándola a través de materiales granulares o porosos que retiran y retienen los contaminantes.

6.2.7.2 Fase de sedimentación

Consiste en dejar el agua de un contenedor en reposo, para que los sólidos que poseen se separen y se dirijan al fondo.

6.2.7.3 Fase de absorción

Es un proceso en el cual un contaminante soluble es eliminado del agua por contacto con una superficie sólida. Uno de los materiales comúnmente utilizados para este tipo de procedimientos es el carbón activado que permite eliminar contaminantes orgánicos del agua y aire.

6.2.7.4 Fase de destilación

Es la operación de separar, mediante la evaporación y condensación, los diferentes líquidos, sólidos disueltos o gases licuados de una mezcla, aprovechan los diferentes puntos de ebullición (temperaturas de ebullición) de cada una de las sustancias ya que es una propiedad intensiva de cada sustancia.

6.2.7.5 Fase de oxidación biológica

Este procedimiento permite eliminar la materia orgánica del agua contaminada por medio de organismos denominados saprofitos que consumen y degradan residuos orgánicos denominados detritos.



6.2.7.6 Fase de desinfección

Procedimiento mediante el cual se añaden sustancias químicas al agua por ejemplo el cloro para eliminar agentes patógenos y purificarla.

Tenemos distintos tipos de filtros que se usan para purificar el agua, como el de **Luz Ultravioleta** la cual las propiedades de esta la hacen perfecta para eliminar los microbios que pueda tener el agua. En este tipo de filtros de agua esta va pasando poco a poco a través de una lámpara que emite rayos ultravioleta, los cuales van matando las bacterias y de esta forma no pasarán al agua que posteriormente debe ser utilizada para el consumo humano.

Una de las desventajas de este sistema es que no elimina las partículas sólidas que pueda contener el agua y es por ello que debe ser utilizado como complemento a otro de los tipos de filtros de agua que si pueda retirar todos aquellos componentes indeseados del agua.

Debemos de considerar en el momento de realizar diseños de estos sistemas el consumo racional de la energía.

Necesitamos conocer que cantidad de energía eléctrica requiere el sistema de purificación, para esto debemos tener en cuenta las características eléctricas necesarias de cada uno de los dispositivos que estarán presentes en el sistema.

También debemos de conocer la cantidad de recursos solar que estarán presente en el sitio de la instalación del sistema fotovoltaico.



6.3 PARÁMETROS PERMITIDOS Y LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es un parámetro muy importante que deben tomarse en cuenta para el debido consumo.

La OMS inició desde el año 1948 realizando distintas recomendaciones en muchos ámbitos que beneficia la salud y la higiene mundial.

Acerca del consumo del agua potable la OMS ha investigado y realizado muchas pruebas que logren conocer los valores permitidos que debe presentar.

En el siguiente cuadro se observa algunos parámetros permitidos según la Organización Mundial de la Salud.

Cuadro 3. Parámetros bacteriológicos según OMS para el consumo humano.
Fuente: <http://www.lenntech.es/tabla-comparativa-estandares-oms-ue.htm>

PARÁMETROS	VALOR RECOMENDADO 100 ml	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Coliforme fecal	Neg.	Neg.
Clostridium perfringens	Neg.	Neg.
Coliforme Total	Neg.	Neg.
Aeruginosa de los Pseudomonas	Neg.	Neg.
Escherichia coli	Neg.	Neg.



En el siguiente cuadro se observa los parámetros permitidos de algunos metales que el agua puede presentar.

Cuadro 4. Valor permitido de metales según la OMS para el consumo humano.

Fuente: <http://www.lenntech.es/tabla-comparativa-estandares-oms-ue.htm>

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR ADMISIBLE
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.003
Cromo	mg/L	0.05
Mercurio	mg/L	0.001
Niquel	mg/L	0.02
Plomo	mg/L	0.01
Antimonio	mg/L	0.005
Selenio	mg/L	0.01

El valor admisible es el máximo permitido por la OMS que debe de encontrarse en las aguas que son aptas para el consumo humano.

La empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados ENACAL tiene un pozo principal que se encarga de suministrar agua potable a toda la comunidad, además de otras comunidades aledañas, pero no se encuentra ubicado en la zona y gracias a ellos se sabe que el agua que se consume en la comarca es de buena calidad.

Alrededor de unas 35 familias son las que habitan en la comunidad y son las que gozan del servicio de agua potable.

Para conocer un poco más sobre el agua en la zona se procedió a conocer un poco sobre un pozo ubicado en una Finca de Manuel Traña. Él mando a realizar un estudio de la calidad del agua hace unos años y el confirmó que el líquido es de muy buena calidad y que lo usan para consumo humano y que siempre han realizado mantenimiento continuo a su pozo.



Se sabe que el punto de ebullición del agua se encuentra en los 100 °C (Celsius), y al momento que esta alcanza la temperatura mencionada el líquido se separa de todos los componentes que posee.

Para lograr este proceso se puede construir un destilador solar el cual permite que el agua cambie de estado. Esta se convierte en dos moléculas de Hidrogeno y una de Oxigeno y los metales que puedan estar quedarían en el destilador solar, y además las bacterias no logran soportar esta temperatura por consiguiente ellas morirán.

Para un sistema de purificación de agua este sería un buen método que permita tener agua en cualquier momento y sin dañar mucho al medio ambiente con variados procesos industriales.



6.4 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA

En este capítulo se presentan los elementos que son de gran importancia en el diseño del sistema automático, así como sus principales características que cada componente posee.

Uno de los componentes a utilizar es panel solar. Estos son dispositivos que toman la energía proveniente del sol y hacen el proceso de conversión de energía solar a energía eléctrica, la cual se puede utilizarla para muchos usos importante en la vida cotidiana de los seres humanos.

El término panel solar abarca los diferentes tipos de dispositivos que, a pesar de compartir la similitud y el uso de la energía solar como fuente de energía, se hacen con tecnologías diferentes.

6.4.1 Los paneles solares fotovoltaicos

6.4.1.1 Tipos de paneles

Los paneles fotovoltaicos toman la energía del sol y producen electricidad y estos se fabrican de materias primas tales como el Silicio.

Los paneles fotovoltaicos transforman la energía solar en eléctrica para la alimentación del consumo eléctrico de una vivienda y sus diferentes electrodomésticos.

Los paneles solares poli cristalinos están formados por múltiples cristales. En lugar de pasar por un proceso lento y muy costoso de crear un solo cristal, los fabricantes simplemente ponen una semilla de cristal en un molde de silicio fundido y permiten que se enfríe. Debido a este método de colada, el cristal que rodea la semilla no es uniforme y crece en múltiples cristales pequeños.



6.4.1.2 Dimensionamiento del panel solar

A continuación se muestran las características que presentan los paneles solares.

Los valores que se muestran podrían variar con respecto a la empresa que fabrica dichos paneles.

Cuadro 5. Características del panel solar fotovoltaico marca RENESOLA.

Fuente: <http://www.renesola.com/>

Características	Especificaciones
Voltaje máximo	30.5 V
Potencia máxima	260 W
Corriente máxima	8.53 A
Corriente de corto circuito	8.12 A
Peso	19 Kg

Para el desarrollo del sistema se usará paneles fotovoltaicos poli cristalino de la marca RENESOLA porque ya conocemos las características eléctricas y conforme a estas se diseñaría la fuente de alimentación.



Figura 6. Panel fotovoltaico poli cristalino de 260W marca RENESOLA.

Fuente: <http://www.renesola.com/>



6.4.1.3 Orientación óptima de los paneles fotovoltaicos

Para una inclinación óptima de los paneles solares y para el aprovechamiento al máximo de las horas solares en la zona de instalación fotovoltaicas se debe tener en cuenta estos parámetros.

Conocer en que hemisferio de la tierra se encuentra la zona de instalación. Si se encuentra en el hemisferio Norte los paneles estarán orientados hacia el sur y si se encuentra en el hemisferio sur estarán orientados hacia el Norte.

Después de esto se debe conocer en que paralelo de la tierra se encuentra la zona de instalación. Para conocer este dato se puede recurrir al mapa de google que nos muestra las coordenadas de cualquier lugar.

Para la zona de instalación en la comunidad Los Chilamos ubicado en el municipio de Diriamba el paralelo en que se encuentra es 11 grados hacia el Norte después del Ecuador.

Para conocer la inclinación óptima se utiliza la siguiente ecuación:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69\Phi$$

Dónde: Φ es el paralelo de la zona de instalación.

Entonces la inclinación óptima en la comunidad será:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * 12$$

$$\beta_{opt} = 11.98^\circ$$

11.98° es la inclinación óptima para la instalación fotovoltaica en la comunidad en Diriamba.



6.4.1.4 Beneficios de instalación fotovoltaica en Nicaragua

Los paneles solares podrían disminuir hasta el 100% la tarifa de electricidad a largo plazo luego de la inversión.

“A pesar de esta inversión que se debe efectuar al principio, es de señalar que los paneles solares tienen una garantía de entre 25 y 30 años, por lo que a largo plazo el ahorro en la factura de electricidad hace rentable el uso de esa fuente de energía”, explicó Delagneau.

Manifestó que las ventas de paneles solares han aumentado, ya que la economía que genera (principalmente en las empresas) es un dato que beneficia a los empresarios. "También dueños de viviendas están adquiriendo paneles, esto para abaratar el costo de la factura de energía". (Rugama, 2014)

Según Delagneau, la inversión en paneles solares se recupera en cinco años, por lo que después de ese tiempo los clientes gozarán en un 100% de los beneficios de esa fuente renovable de energía.

En cuanto a las afluencias de clientes que quieren instalar este sistema en las viviendas, Delagneau manifestó que la empresa Tecnosol ha instalado paneles solares en 70,000 viviendas.

“Estos sistemas fotovoltaicos funcionan para cualquier aplicación, es decir, son útiles para hacer funcionar bujías, televisores, refrigeradoras, bombas de agua, cercos eléctricos, generadores de cloro, purificadores de agua o aires acondicionados, la gente puede ahorrar mucho dinero en facturas energéticas”, concluyó Delagneau. (Rugama, 2014)



6.4.2 Los reguladores de carga

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas. El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.

En la siguiente imagen se muestra el regulador de cargar que se usará para la instalación del sistema fotovoltaico.



Figura 7. Regulador de carga de 12V a 30A.
Fuente: <http://jardin-solar.blogspot.com>

Los reguladores actuales introducen micro controladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador.

Existen dos tipos de reguladores de carga, los lineales y los conmutados y el sistema de regulación son igualación, carga profunda y flotación.



6.4.2.1 La fase de igualación

Esta respuesta del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo en caso contrario.

6.4.2.2 La fase de carga profunda

Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga.

Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación.

Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga.

6.4.2.3 La fase de carga final y flotación

La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que denominamos “Banda de Flotación Dinámica”.

La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximos y mínimos se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente.

Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación.

Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la Auto descarga de las baterías.



6.4.3 Dimensionamiento de cables para el sistema fotovoltaico

Es de mucha importancia realizar los debidos cálculos de cable que se utilizara en la instalación fotovoltaica.

Dependiendo de la cantidad de paneles a colocar y la distancia que la corriente tendrá que recorrer el tipo de cable es distinto.

En el siguiente cuadro se observa el tipo de cable correcto que debe ser usado dependiendo de la cantidad de corriente que sea suministrado por el sistema fotovoltaico.

Cuadro 6. Calibre de cable a utilizar según la corriente suministrada y la distancia.

Fuente: <http://eliseosebastian.com/>

CABLE AWG (AMERICAN WIRE GAUGE)										
Longitud (m)	Corriente (amperes)									
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70
15	16	12	10	10	8	8	6	6	4	4
20	14	12	10	8	8	6	6	4	4	4
25	14	10	8	8	6	6	4	4	2	2
30	12	10	8	6	6	4	4	2	2	2
40	12	8	6	6	4	4	2	2	1	1/0
50	10	8	6	4	4	2	2	1	1/0	1/0
60	10	6	6	4	2	2	1	1/0	2/0	2/0
70	10	6	4	2	2	2	1/0	2/0	2/0	3/0
80	8	6	4	2	2	1	1/0	2/0	3/0	3/0
90	8	4	4	2	1	1/0	2/0	3/0	3/0	4/0

En la anterior tabla se muestra las diferentes numeraciones que se deben usar para cualquier tipo de instalación fotovoltaica.



6.4.4 Baterías para el almacenamiento de energía

Elemento encargado de almacenar energía proveniente de los paneles solares, que permite solventar y ofrecer una disponibilidad de energía de manera uniforme durante todo momento.

Las baterías mayormente empleadas en sistemas solares fotovoltaicos son las de ciclo profundo, que almacenan la energía eléctrica proveniente de los paneles por medio de procesos electroquímicos, además que soportan ciclos de descargas profundas sin sufrir daño alguno, considerando una cantidad máxima de corriente durante un largo periodo de tiempo, su ciclo de vida es de 5 a 8 años de acuerdo al mantenimiento.

6.4.4.1 Dimensionamiento de la Batería

Para obtener la cantidad de Amperios-hora necesarios para la elección de las baterías usamos la fórmula:

$$C = \frac{E * N}{V * Pd}$$

C = Capacidad de batería.

V = Tensión en voltios.

N = Números de días de autonomía de la instalación.

Pd = Profundidad de descarga diaria de la batería.

Pd = 0.7 Recomendable.



En el siguiente cuadro se observan las características y especificaciones importantes de una batería.

Cuadro 7. Características de la batería.

Fuente: <http://www.codesolar.com>

Características	Especificaciones
Voltaje	12 V
Capacidad	115 Ah a 20h
Números de ciclos	1200 ciclos a 20°C
Tipo	Ciclo profundo

A continuación se observa la figura de una batería para el almacenamiento de la energía fotovoltaica para la utilización de otros artefactos eléctricos.



Figura 8. Baterías para el almacenamiento de la energía fotovoltaica 115Ah a 12V.

Fuente: <http://www.codesolar.com>



6.4.5 Inversor de DC/AC

La señal de potencia suministrada por un generador fotovoltaico iluminado es en tensión continua, que debe ser acondicionada para permitir el correcto acoplamiento a la red eléctrica.

6.4.5.1 Funcionamiento del inversor

Un inversor eléctrico toma la corriente directa (CD) de una fuente de batería y la convierte a corriente alterna (CA), cumpliendo con determinados requisitos de tensión eficaz, frecuencia, distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente, entre otros.

6.4.5.2 Características del inversor

Potencia nominal y máxima, ventana de búsqueda del punto de máxima potencia, tensión máxima de entrada, tensión nominal de salida, eficiencia máxima, umbral de arranque. (Ó. Perpiñan, 2012) (Car15)

6.4.5.3 Beneficios que presenta un inversor

En las locaciones remotas donde el costo de llevar energía eléctrica desde la red eléctrica principal es prohibitivo, los inversores eléctricos pueden ser invaluable. Los molinos de viento y paneles solares pueden generar grandes cantidades de energía eléctrica que puede guardarse para usarse después en el sistema de batería. El inversor permite al usuario utilizar esta energía cuando la requiera.

6.4.5.4 Advertencia del uso de inversores

Los inversores eléctricos pueden calentarse mucho cuando tienen una carga muy pesada y deben colocarse en áreas bien ventiladas. El área de almacenamiento de batería para este tipo de sistema debe colocarse lejos de cualquier chispa y flama. Cuando se cargan o se descargan, los inversores pueden emitir un gas inflamable.



Los gases de la carga de batería también pueden ser extremadamente corrosivos para la piel, ojos y ropa.

En la siguiente figura se observa el inversor híbrido ideal que se utilizará para el diseño del sistema fotovoltaico de 1500 Watt ideal para esta conexión fotovoltaica.



Figura 9. Inversor híbrido de corriente directa a corriente alterna.
Fuente: <http://martinsolar.es>



6.4.6 Servomecanismo para el seguidor solar

Los servomotores son dispositivos electromecánicos que consisten en un motor eléctrico, un juego de engranes y una tarjeta de control, todo confinado dentro de una carcasa de plástico. La característica principal de estos motores es que la gran mayoría no está hechos para dar rotaciones continuas.

Para poder dar seguimiento al sol, es necesario hacer uso de motores de corriente continua. Estos son dispositivos capaces de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición, gracias a un sistema de control basado en la variación del ancho de pulso y realimentación de posición.

En la siguiente imagen se observa un servomotor ASME-03B el cual trabaja en un rango desde los 12V a 24V en corriente directa y es capaz de soportar bastante peso y se puede operar mediante Arduino.

El circuito interno que posee este servomotor es un circuito puente H, por medio de una señal digital de entrada de 5 voltios permite enviar la orden de movimiento del motor en un sentido o en el sentido contrario en un rango de 0° a 180°.



Figura 10. Servomotores.
Fuente: <https://dawangtaielec.en.alibaba.com>



6.4.7 Electrobomba para la extracción del agua

Electrobomba. Equipo de bombeo compacto y robusto, diseñado especialmente para el suministro de agua potable en viviendas y edificios. Un mínimo de componentes garantiza un servicio eficiente y libre de mantenimiento. Diseñada para trabajo pesado.

6.4.7.1 Ventajas del sistema de bombeo solar

- No necesitan combustible, no son ruidosas, no necesitan demasiado mantenimiento y no contamina el medio ambiente.
- Producen bastante energía los días soleados, cuando la cantidad de agua es demasiada.
- No necesita un banco de baterías, operan a grandes profundidades, son eficiente y duraderos.
- Admiten sensores de nivel para apagar la bomba cuando el tanque de agua este lleno.
- Los sistemas de bombeo de agua son expandibles.

6.4.7.2 Desventajas del sistema de bombeo solar

- Dependen del clima, está íntimamente ligado a las condiciones del clima, poco sol, muchas nubes o lluvia. En resumen, poca producción.
- Alto costo inicial y educación.

6.4.8 Análisis hidráulico en un sistema de bombeo de agua

Para el diseño de un sistema de bombeo solar es necesario conocer los conceptos básicos que describen las condiciones de la obra. También el tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen diario necesario. (Abelson Blandino, Ramiro García, Silvio Baltodano, 2011)



6.4.8.1 Carga dinámica total

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).

$$CDT = CE + CD$$

6.4.8.2 Carga estática

Es la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel de abatimiento del pozo 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.

$$CE = Abatimiento + Nivel Estático + Altura de descarga$$

En la siguiente figura se aprecia los componentes que conforman la carga estática.

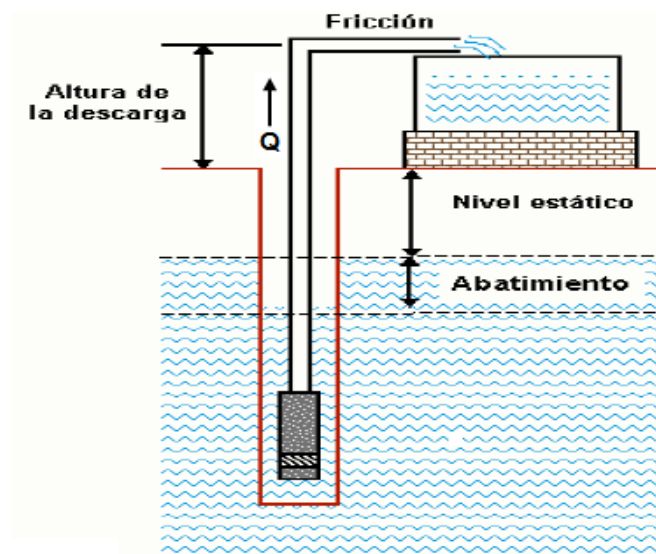


Figura 11. Componentes hidráulicos de un sistema de bombeo solar.
Fuente: (Abelson Blandino, Ramiro García, Silvio Baltodano, 2011)



6.4.8.3 Carga dinámica (Fricción)

La carga dinámica (CD), es el incremento en la presión causado por la resistencia que opone el agua al flujo debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción, mientras más estrechos, mayor será la resistencia producida. Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro.

Electrobomba monofásica abierta para suministro eléctrico de 220v y 110v, 60Hz protegido contra sobrecargas por un protector térmico. Alternativamente las bombas A1E y A1I pueden equiparse con motores trifásicos abiertos de 1.9 HP, 220v, 440v, 60Hz. Los rodamientos de ambos motores son sellados y pre-lubricados. Eje en acero inoxidable AISI 420. No requiere mantenimiento.

6.4.8.4 Volumen diario del consumo de agua.

Se sabe que aproximadamente habitan en la comunidad 35 familias y según datos de ENACAL cada persona consume una cantidad de 1,268 galones de agua cada mes. Existen familias que son numerosas y otras que son pocas por esta razón se proceden a realizar un estimado de miembros en cada familia.

Tomando en cuenta que existen 5 miembros por cada familia y aproximando que cada persona consume 65 litros de agua al día, se llega al resultado que 300 litros se usan y si lo multiplicamos por las 35 familias se calcula que en la comunidad se usa 10,500 litros de agua al día aproximadamente

El volumen requerido de agua diario es de 11 m³ y el promedio de horas pico solar anual en la comunidad es de 6.3 Horas; entonces se usa la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{11\text{m}^3}{22680 \text{ segundos}} = 0.000485 \text{ m}^3/\text{s}$$



Para este diseño se puede utilizar una bomba de la marca Franklin Electric que posee un caudal de 10 galones por minutos y observamos que es ideal para nuestro sistema.

Como se sabe que la cantidad de flujo agua que necesitamos es $0.000485 \text{ m}^3/\text{s}$ la convertimos a galones por minutos y nos da un resultado de 7.69 galones por minutos y se observa que la bomba de 10 galones por minutos es la ideal para el sistema.

En la siguiente imagen se muestra la electrobomba necesaria para el sistema.



Figura 12. Electro bomba.
Fuente: <https://franklin-electric.com/>

En anexos se puede observar las características fundamentales del fabricante de la electrobomba.

6.4.9 Electroválvulas para el cierre del paso del agua

Una electroválvula también conocida como válvula solenoide de uso general es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo.



Es usada para controlar el nivel de los líquidos purificados a la salida del sistema, se adjunta una electroválvula on – off que tiene buenas características, técnicas de voltaje, corriente, presión, que permite controlar adecuadamente el paso y bloqueo del líquido destilado y purificado

Aunque este dispositivo no es muy esencial para el trabajo siempre hay modificaciones y mejoras que se vienen realizando y por eso no hay que descartarlo.



Figura 13. Electroválvula.
Fuente: <http://www.solenoidvalve.es>

Esta válvula solenoide trabaja a un voltaje de 110v en corriente alterna pero también se encuentran algunas que trabajan con voltajes menores o incluso mayores a 110V.

6.4.10 Sensores para el monitoreo de la temperatura

Teniendo en cuenta que la temperatura es de gran interés para el sistema, debido a la recolección de energía solar para su posterior conversión en energía térmica es menester medirla y registrarla adecuadamente.

6.4.10.1 Sensor LM35

LM35 es un sensor de temperatura, uno de los componentes más utilizados a la hora de medir cambios térmicos.

Es un circuito integrado de precisión que actúa como un temperatura calibrado directamente en grados centígrados, por cada grado centígrado medido, entregara



en su salida un valor de voltaje de 10 mV, por ejemplo: 150°C equivale a 1500mV; -55°C equivale a -550mV.

Cuadro 8.Características del sensor LM35.

Fuente: <http://alldatasheet.com/>

Características	Especificaciones
Voltaje de alimentación	4-30 V DC
Consumo de corriente	< 60 μ A
Rango de trabajo	-55 °C – 150 °C
Precisión	0.5 °C

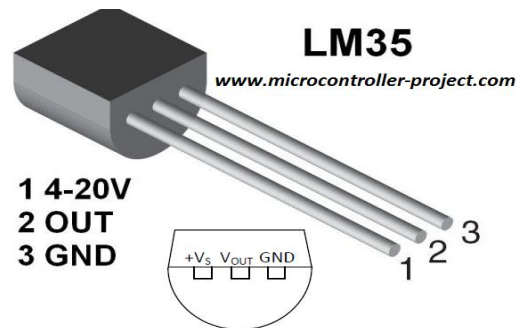


Figura 14. Sensor de temperatura LM35.

Fuente: <http://www.microcontroller-project.com/>

6.4.11 Sensor de nivel de líquido

Es necesario adjuntar un sensor de nivel de líquidos debido a los graves problemas que se podrían ocasionar sino estuviera como el derramamiento del líquido.

Este sensor se debe colocar en el destilador solar y establecer un cierto nivel de líquido a purificar. Este lo podemos realizar mediante relevador y electrodos que nos permitirán censar la cierta cantidad que se desea purificar.

Se puede realizar con un relevador doble contacto como el que se muestra en la Fig. 13 que tiene 8 pines de conexión los cuales dos son de la bobina, y el resto de



Los pines son de los contactos normalmente cerrado y normalmente abierto. Estos relevadores pueden operar a 12V.

También se puede utilizar dos relés de un contacto realizando una conexión distinta pero de las dos formas el funcionamiento será el mismo.



Figura 15. Relevador doble contacto.
Fuente: <http://www.schneider-electric.com>

6.4.12 Sensor de posición

Para un correcto posicionamiento tanto del Panel Solar y del Colector Cilíndrico Parabólico es necesario añadir un sensor de posición que permita una correcta medición, permitiendo una realimentación y monitoreo constante de la posición, que es fundamental en el sistema purificador, permitiendo mayor aprovechamiento de la energía solar con un seguimiento continuo y correcto.

El LDR es de los más usados en proyectos de detección de luz debido a su gran sensibilidad a esta.

El LDR (Light Dependent Resistor) o resistencia dependiente de la luz o también fotocélula, es una resistencia que varía su resistencia en función de la luz que incide sobre su superficie. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz que incide en la superficie del LDR menor será su resistencia y cuanto menos luz incida mayor será su resistencia.



6.4.12.1 Funcionamiento del sensor de luz

Cuando la LDR no está expuesta a radiaciones luminosas los electrones están firmemente unidos en los átomos que la conforman, pero cuando sobre ella inciden radiaciones luminosas esta energía libera electrones con lo cual el material se hace más conductor, y de esta manera disminuye su resistencia. Las resistencias LDR solamente reducen su resistencia con una radiación luminosa situada dentro de una determinada banda de longitudes de onda. Las construidas con sulfuro de cadmio son sensibles a todas las radiaciones luminosas visibles, las construidas con sulfuro de plomo solamente son sensibles a las radiaciones infrarrojas.

En la siguiente figura se observa una imagen de un sensor de Luz LDR.

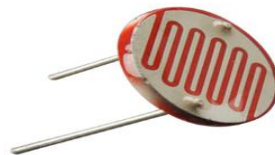


Figura 16. Sensor de luz LDR.
Fuente: <https://www.electronicasmd.com/>

A continuación en el cuadro se presentan las características del sensor de Luz LDR el cuál será usado para el seguidor solar.

Cuadro 9. Características del sensor LDR.
Fuente: <https://www.electronicasmd.com/>

Características	Especificaciones
Voltaje de alimentación	5-12 V DC max
Potencia de disipación	90 mW max
Resistencia a 10 Lux	2-6K Ω
Resistencia en la oscuridad	0.15M Ω



6.5 MECANISMO PARA PURIFICAR EL AGUA

6.5.1 Colector cilíndrico parabólico

El colector cilindro parabólico (CCP), está compuesto básicamente por un espejo cilíndrico parabólico que refleja la radiación solar directa concentrándola sobre un tubo para absorber colocado en la línea focal de la parábola.

Esta radiación concentrada sobre el tubo hace que el fluido que circula por el interior del tubo se caliente, transformando de esta forma la radiación solar en energía térmica en forma de calor sensible del fluido.

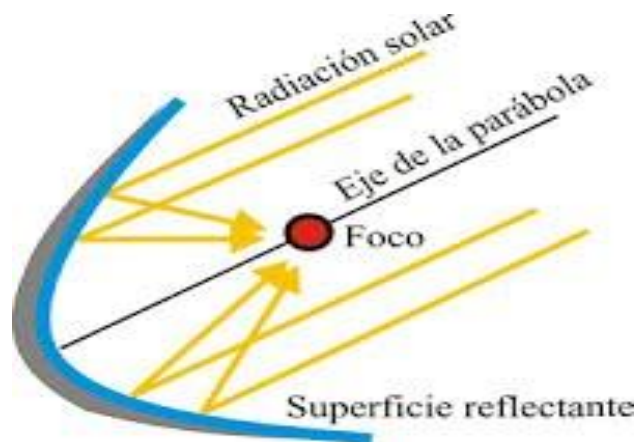


Figura 17. Colector cilindro parabólico.

Fuente: <https://sites.google.com/site/tecnorlopez32/tema3-energias-renovables/03-energia-solar>

6.5.1.1 El Reflector Cilíndrico Parabólico

Su objetivo es la de reflejar y concentrar sobre el Receptor la radiación solar directa incidente sobre la superficie. A grandes rasgos es un espejo curvo que forma en una de sus dimensiones una parábola, de forma que concentra sobre su línea focal toda la radiación reflejada.

6.5.1.2 Tubo absorbente

El tubo absorbente es uno de los elementos fundamentales de todo CCP, ya que de él depende en gran medida el rendimiento global del colector. El tubo absorbente



de un CCP consta en realidad de dos tubos: uno interior metálico (por el que circula el fluido que se calienta) y otro exterior de vidrio.

6.5.1.3 Las dos principales orientaciones del eje de giro de un ccp

Normalmente, los CCPs se instalan de forma que su eje de giro queda orientado en la dirección Este-Oeste o Norte-Sur, aunque se podrían utilizar también orientaciones intermedias.

6.5.1.4 Parámetros básicos de un ccp

6.5.1.4.1 Razón de concentración (C)

$$C = 4 A / \pi D^2 L$$

Es la razón entre el área de apertura del colector y el área total del tubo absorbedor

Siendo:

- A: apertura del colector.
- D: diámetro del tubo absorbedor.
- L: longitud del concentrador parabólico.

6.5.1.5 Angulo de aceptación

Es el ángulo máximo que puede ser formado por dos rayos en un plano transversal de la apertura del colector de manera que intercepten el tubo absorbedor después de ser reflejado por los espejos parabólicos. Para la construcción de un colector cilíndrico parabólico se deben de tener varios aspectos importantes como la longitud de este, la longitud del lado curvo, y la distancia focal que tendrá.

Primeramente se debe de considerar al origen de coordenadas (0,0) como el vértice de la parábola y cuyo eje de simetría es el eje Y.

Para la construcción de un colector cilíndrico parabólico podemos utilizar la ecuación de la parábola la cual es:



$$y = \frac{x^2}{4d}$$

Dónde: d: es la distancia focal.

Sabiendo que la distancia de la ubicación del destilador será de 2 metros hacia arriba realizamos los cálculos necesarios desde -5 hasta 5 en el eje x y nos da la siguiente tabla:

Cuadro 10. Valores de ecuación cuadrática para CCP

Fuente: Propia.

-5	-4.8	-4.6	-4.4	-4.2	-4	-3.8	-3.6	-3.4	-3.2	-3	-2.8	-2.6
3.125	2.88	2.645	2.42	2.205	2	1.805	1.62	1.445	1.28	1.125	0.98	0.845

-2.4	-2.2	-2	-1.8	-1.6	-1.4	-1.2	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0
0.72	0.605	0.5	0.405	0.32	0.245	0.18	0.125	0.08	0.045	0.02	0.005	0

0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6
0.005	0.02	0.045	0.08	0.125	0.18	0.245	0.32	0.405	0.5	0.605	0.72	0.845

2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0.98	1.125	1.28	1.445	1.62	1.805	2	2.205	2.42	2.645	2.88	3.125

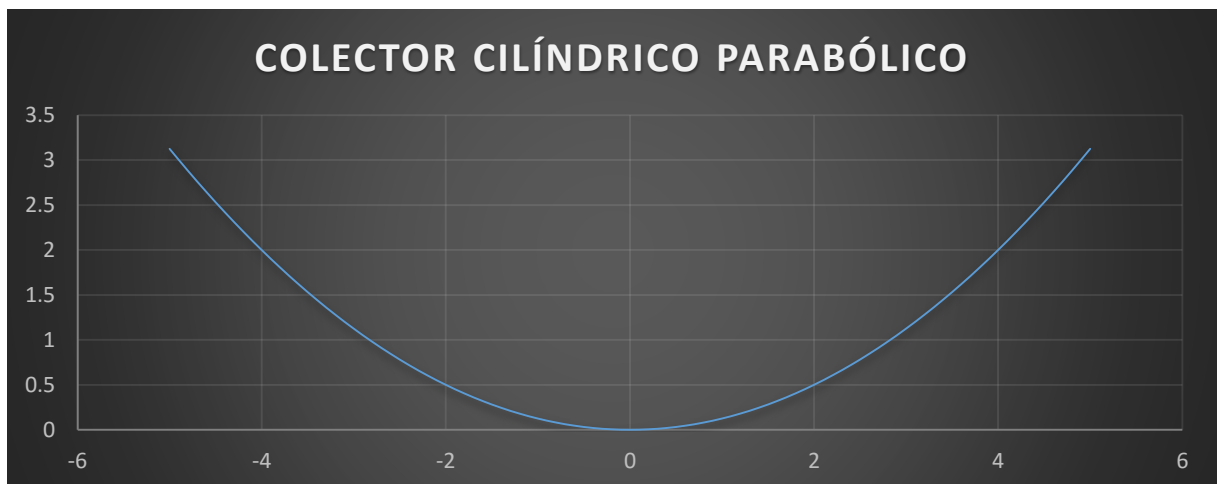


Figura 18. Gráfica de los valores encontrados de la ecuación cuadrática.

Fuente: Fuente propia.



6.5.2 La destilación solar

La destilación es un proceso por el cual, mediante la aplicación de calor se puede separar las distintas sustancias de una mezcla líquida. Este proceso se basa en las diferentes temperaturas que necesitan cada una de las sustancias de una mezcla para evaporarse y en la posterior condensación por separado de cada una de ellas.

La humanidad ha empleado la destilación para diversos fines, como para la producción de determinados tipos de alcohol, la obtención de agua pura o de otros compuestos químicos en estado puro.

Como fuente de calor, la energía solar puede emplearse para destilar. Ya sea concentrándola y alcanzando altas temperaturas o bien a temperaturas bajas.

La destilación solar a baja temperatura resulta un sistema muy sencillo, eficiente y de fácil accesibilidad para todo tipo de sociedades. Aplicado de forma masiva podría evitar un buen número de enfermedades en los países pobres producto del consumo de agua en mal estado de conservación.

6.5.3 Destiladores solares

Los destiladores solares se basan principalmente de estudios previamente realizados, y mediante estos se han tomado valores como ciertos.

El destilador solar más aceptado es el de tipo caseta por ser uno de los más difundidos a nivel mundial.

Los destiladores solares son ingenios que permiten obtener agua dulce donde esta escasea pero se encuentra en abundancia mezclada con otras sustancias que la hacen inutilizable. En esencia se trata de reproducir a pequeña escala y de manera acelerada el ciclo natural del agua.



Mediante los destiladores solares es posible obtener agua dulce del agua del mar, del agua embarrada e incluso de la contenida en los vegetales. Es de especial utilidad en zonas desérticas próximas al mar ya que cuenta con los dos elementos fundamentales: abundancia de agua salada y de radiación solar.

Los equipos de destilación solar, si están fabricados con materiales adecuados, pueden funcionar con pleno rendimiento durante muchos años y ofrecer una gran cantidad de agua potable gratuita.

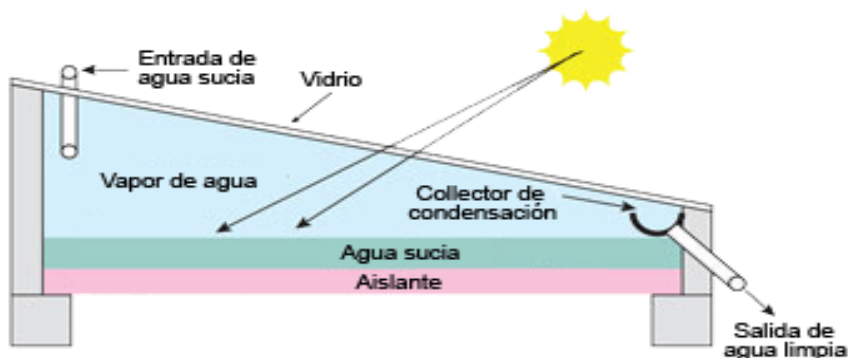


Figura 19. Destilador solar.
Fuente: <http://www.energizar.org.ar/>

6.5.4 Rendimiento de los destiladores

El rendimiento de los destiladores solares está en función de la potencia de la radiación solar, de la temperatura ambiente así como en la forma y las características del destilador.

En principio las regiones soleadas y cálidas ofrecerán mejores condiciones para la destilación solar que las regiones frías y húmedas, donde por otro lado en principio no se hará preciso recurrir a este sistema. Es decir los lugares donde se hará más necesario recurrir a la destilación solar por ser más secos serán también los que dispondrán de más luz solar. Se da pues una feliz coincidencia de circunstancias que no siempre ocurre en otras aplicaciones solares térmicas.



Primeramente para la construcción de un destilador solar se necesita tener la medida de la superficie ya que en estudios anteriores afirman que por cada m² en un destilador se produce alrededor de 3 a 5 litros de agua diariamente.

6.5.5 Dimensionamiento del destilador solar

Para la construcción del destilador solar es necesario conocer la cantidad de agua que se extraerá del pozo diariamente. Sabiendo que la cantidad del líquido es de 11 m³ se diseñará un destilador tipo caseta con dimensiones de 11 metros de ancho de largo y de alto aunque lo alto se puede disminuir y aumentar a lo largo y a lo ancho para así tener los 11 mil litros de agua.

Este tipo de destilador se construye de vidrio con el fondo de color negro con el propósito de retener más la radiación solar dentro del mismo.

6.5.5.1 Cantidad de calor necesario para calentar y evaporar

Se requiere calcular la cantidad de calor necesaria para calentar el vidrio y agua, considerando en esta última la posibilidad de alcanzar su evaporización.

6.5.5.2 Calor necesario para calentar el vidrio

El calor necesario para calentar el vidrio viene dado por:

$$QV = mv * Cpv * (Tv - Ta)$$

Donde:

- Qv: Calor necesario para calentar el vidrio $\left[\frac{W-h}{\text{día}} \right]$
- mv: Masa del vidrio (Kg)
- Cpv: Calor específico del vidrio $\left[\frac{J}{Kg.K} \right]$ es igual a 750 $\left[\frac{J}{Kg.K} \right]$
- Tv: Temperatura del vidrio (K)
- Ta: Temperatura ambiente (K)



6.5.5.3 La masa del vidrio se calcula por medio de

$$mv = \rho v * Av * Ev$$

Donde:

- *mv*: Masa del vidrio (Kg)
- *pv*: Densidad del vidrio (Kg/m³). 2500 Kg/m³, es la densidad del vidrio, lo cual le otorga al vidrio plano un peso de 2,5 Kg/m² por cada milímetro de espesor.
- *Av*: Área del vidrio (m²)
- *Ev*: Espesor del vidrio (m)

6.5.5.4 Calor necesario para calentar agua

Se requiere el dato de volumen en el destilador solar, el cual viene dado por las dimensiones de la bandeja, con lo que se procede a determinar la masa de agua que se colocará en el destilador a ser destilada y posteriormente purificada. Por lo tanto el calor necesario para calentar el agua está determinada por:

$$Qca = ms * Cp * (Tw - Ta)$$

Donde:

- *Qca*: Calor necesario para calentar agua (W-h)/día
- *ms*: Masa del agua (Kg)
- *Cp*: Calor específico del agua (J/Kg.K)
- *Tw*: Temperatura media del agua (K)
- *Ta*: Temperatura ambiente (k)

Muchos de estos parámetros pueden variar con respecto a distintas ubicaciones debido a que la radiación solar que incide en la zona es muy distintas a otras lo que puede ocasionar muchos márgenes de error.



Debido a estudios y experiencias anteriores se puede determinar que el rendimiento general de los destiladores solares tipo caseta son alrededor del 23%, con una producción o destilación por m² de alrededor de 3 a 5 litros diarios, que son los valores que se considerará para el diseño en el presente proyecto. Además se considera 5 horas de funcionamiento del equipo considerado como promedio debido que se puede presentar días nublados o días soleados por lo tanto se ha realizado un promedio.

Para conocer de manera muy eficiente el destilador solar y la cantidad de tiempo que destila el agua se tendría que realizar varias pruebas con varios modelos para así conocer de manera más exacta el funcionamiento en la zona.

La mejor manera sería construir un destilador solar con la capacidad suficiente de almacenar 11 metros cúbicos de agua y un colector cilíndrico parabólico y de esta manera concentrar la energía solar en el destilador. Se deben realizar varias pruebas que nos permitan identificar la manera correcta en la que se debe construir el destilador debido a que hay momentos que existe poca radiación solar.

Después que el agua ha sido destilada se procede a almacenarla para después distribuirla, y para esto se construiría un tanque de almacenamiento que tenga una capacidad de 15 m³, lo que permite que se recolecte un poco más de la cantidad necesaria en la comunidad.



6.6 CÁLCULOS DE POTENCIA ELÉCTRICA Y ENERGÍA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Es importante conocer los elementos que conforman el sistema de bombeo fotovoltaico, y se describen cada elemento que configura el sistema. En la siguiente figura se observa una configuración de bombeo fotovoltaico.

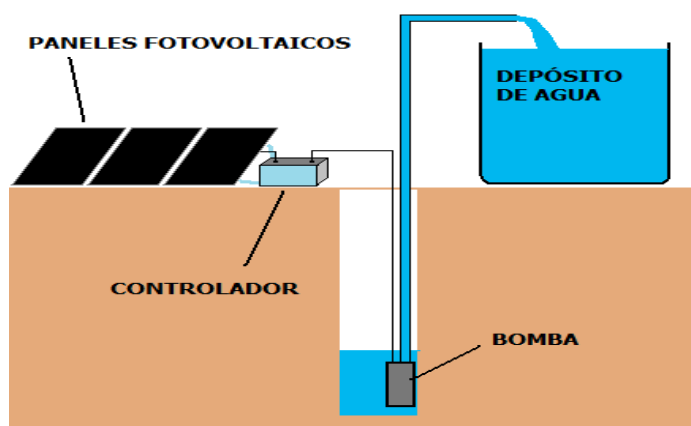


Figura 20. Diseño de un sistema de bombeo solar.
Fuente: sitiosolar.com

- Los paneles fotovoltaicos son unos de los componentes muy importantes debido a que estos permiten la alimentación energética de todo el sistema.
- El regulador de carga es un dispositivo electrónico que mantiene la potencia de entrada de la bomba en un valor continuo, en caso de que los niveles de producción sean bajos.
- La potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la intensidad del sol, es decir, a medida que varía la intensidad solar durante el día, también cambia la disponibilidad de potencia para la bomba.

La bomba a utilizar es de 10 Galones / minutos lo que nos viene generando más de los 11 metros cúbicos al día. Este parámetro es muy importante conocerlo para los siguientes cálculos.



6.6.1 Parámetros del sistema de bombeo

- Volumen diario de agua en metros cúbicos.
- Presión del trabajo en metros.

La **presión del trabajo** se determina sumando la altura total del equipo de bombeo hasta la altura del almacenamiento con la distancia recorrida desde donde se bombea el agua hasta el almacenamiento.

6.6.2 Dimensionamiento de equipos fotovoltaicos

Primeramente es necesario conocer el pozo que suministre el agua a la comunidad pero la empresa ENACAL tiene el abastecimiento de agua en otro sector y este suministra el líquido a varias comunidades. Por esta razón primeramente se necesitaría tener un pozo principal solamente para la comunidad.

Si se tiene un pozo con una profundidad de 90 metros más 10 metros de la altura en la que se colocara el destilador solar y la distancia que se encuentra ubicado el destilador solar desde el pozo se obtendrían los siguientes resultados:

- Necesidad de energía diaria en *Wh/día*

Se calcula con la siguiente formula:

$$= \left(altura\ de\ bombeo + \frac{distancia\ de\ bombeo}{100} \right) * caudal * 5.5$$

- Conociendo la altura de bombeo más la altura del destilador solar es igual a 100m.
- La distancia que está ubicado es de 30m.
- El caudal proporcionado por la bomba $11m^3$

$$= \left(100m + \frac{30m}{100} \right) * 11m^3 * 5.5 = 6068.15 \frac{wh}{día}$$

- La cantidad de energía diaria es igual a **6068.15 watt hora en el día**



6.6.3 Cuantificación de potencia solar a instalar

- Potencia solar a instalar.

Para determinar la potencia solar a instalar se realiza la siguiente fórmula:

$$Potencia\ solar\ a\ instalar = \frac{necesidad\ de\ energía\ diaria}{Energía\ solar\ disponible\ en\ el\ sitio}$$

Sabiendo que:

- La necesidad de energía diaria es 6068.15 watt hora al día.
- Energía solar disponible en el sitio es 6.3kwh al día en cada metro cuadrado determinado anteriormente en la sección de radiación solar.

$$Potencia = \frac{6068.15 \frac{wh}{día}}{6.3 \left(\frac{\frac{kwh}{m^2}}{día} \right)}$$

$$Potencia = 963.2W$$

6.6.4 Numero de módulos fotovoltaicos a instalar

Para determinar este requerimiento se utiliza la siguiente fórmula:

$$Numero\ de\ módulos = \frac{Potencia\ solar\ a\ instalar}{Potencia\ individual\ de\ los\ módulos}$$

Utilizando los paneles de 260w calculamos:

$$Numero\ de\ módulos = \frac{963.2W}{260W} = 3.6\ Módulos = \mathbf{4\ Módulos\ a\ utilizar}$$



6.7 DISEÑO DEL ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

A continuación se muestra una figura en la que están todos los componentes unidos en el sistema de purificación de agua.

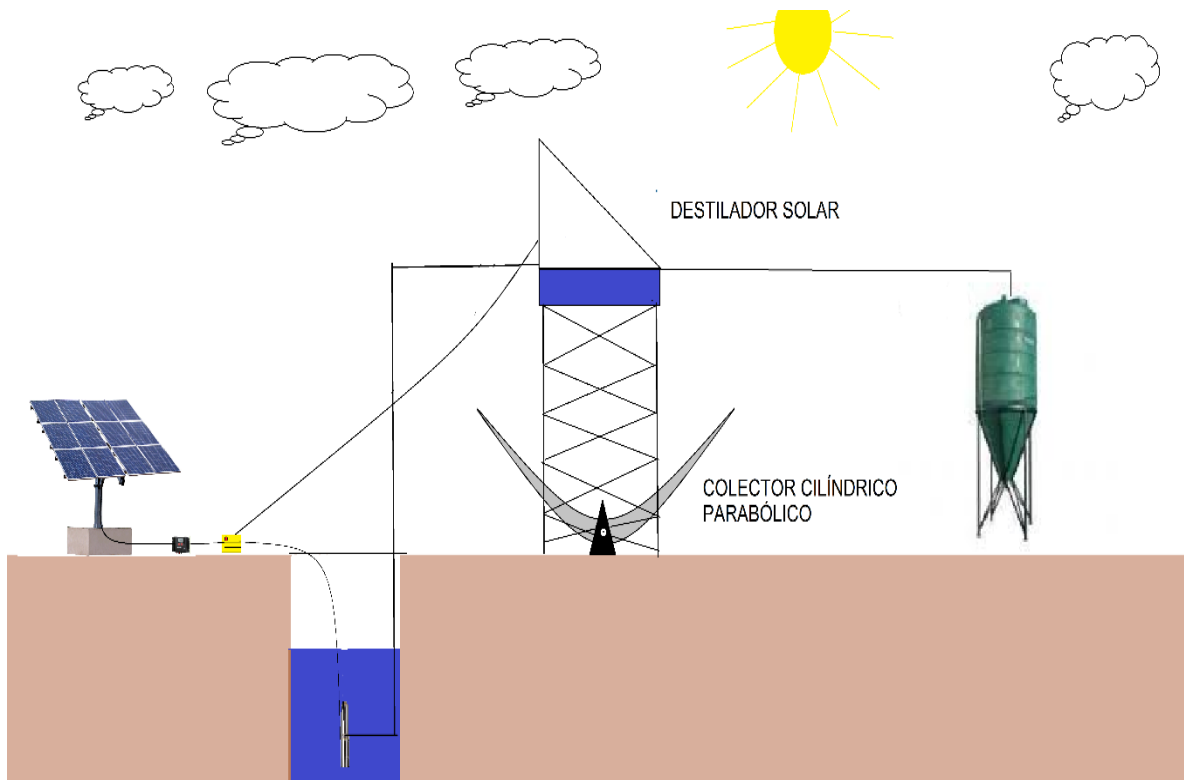


Figura 21. Esquema completo del sistema de purificación de agua.
Fuente: Propia



En el siguiente diagrama se muestra cómo será el proceso de purificación de agua y el orden correcto en el que estarán todos los dispositivos del diseño.

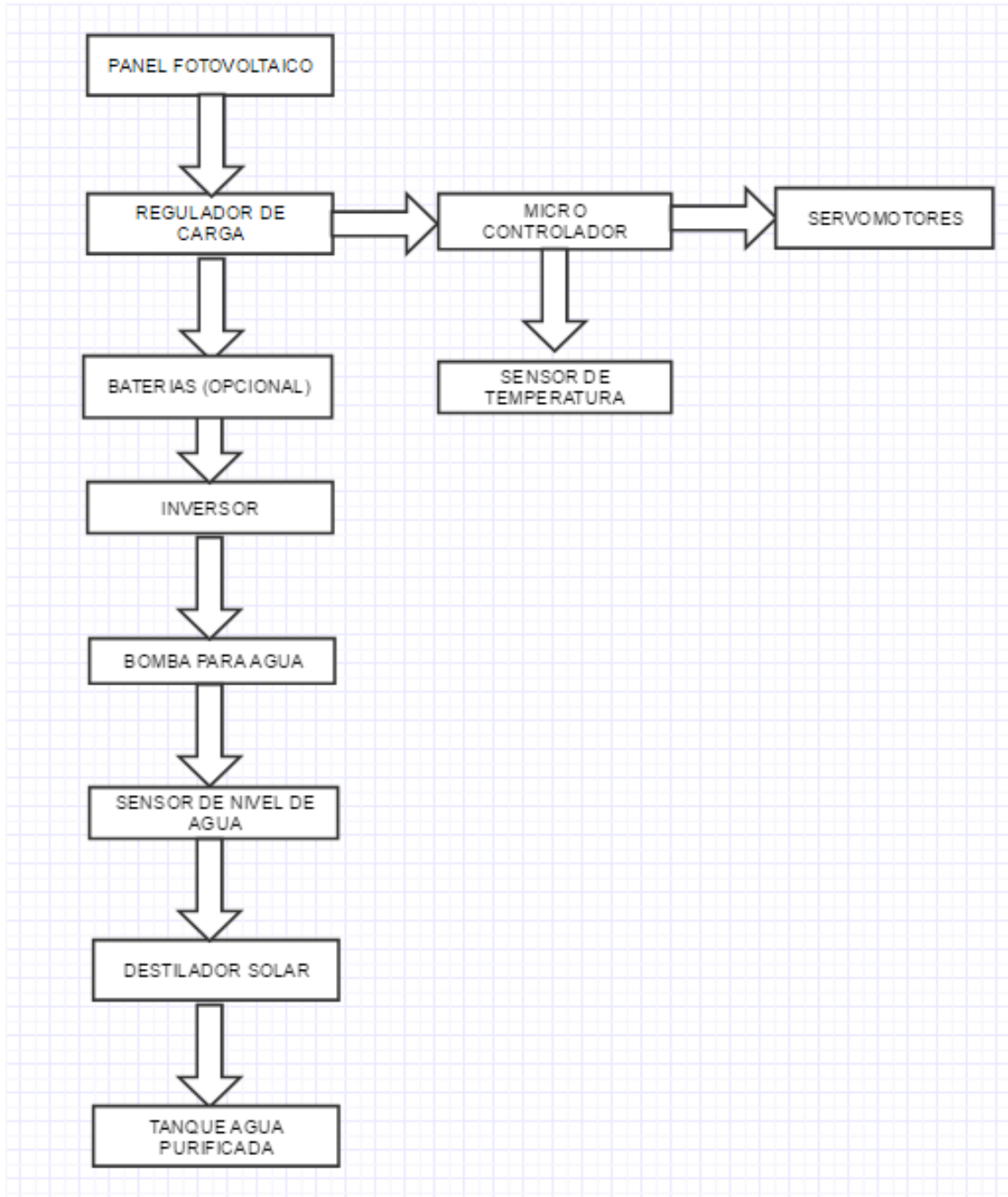


Figura 22. Diagrama completo del proceso de la purificación del agua.

Fuente: Propia



A continuación se muestra el diagrama de bloques y el diagrama físico del sistema de generación de la energía eléctrica.

El diagrama de bloques es un sistema de lazo abierto.

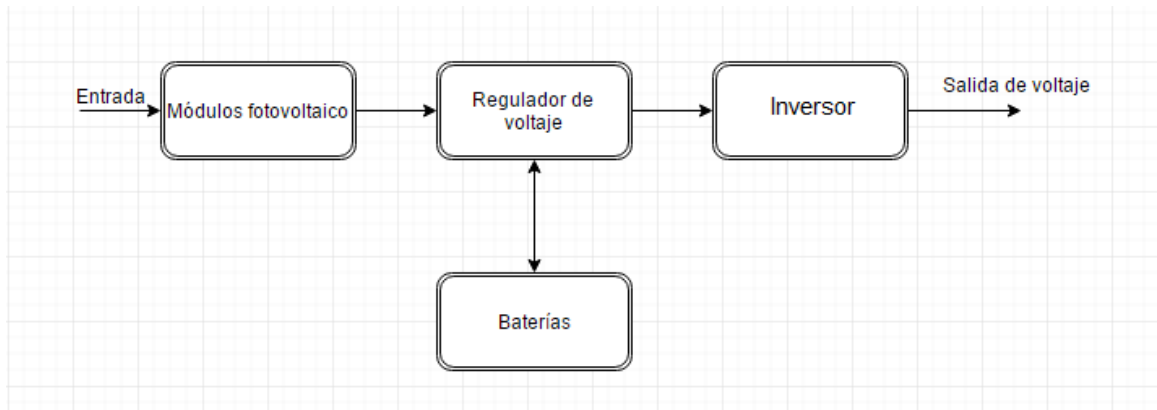


Figura 23. Diagrama en bloque de la generación de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.

Fuente: Propia

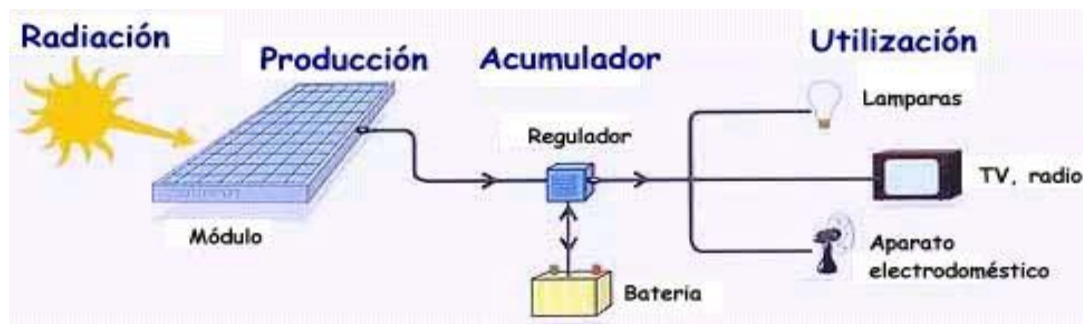


Figura 24. Diagrama físico de un sistema de generación eléctrica con paneles fotovoltaicos.

Fuente: <http://www.solener.com/>

En la imagen anterior podemos observar cómo está constituido un sistema de energía fotovoltaico con todos los componentes anteriormente hablados.



6.7.1 Transformación de la energía

Los módulos fotovoltaicos capturan la energía tomada del sol para que esta pueda separar los electrones positivos de los electrones negativos y ya puede producir energía eléctrica en corriente directa.

La energía pasa a través de un regulador el cual se encarga de que la tensión que es recibida se mantenga constante. Si queremos que solamente obtengamos 12 voltios este regulador se encarga de que esta tensión nunca. Incremente de valor.

Después la energía es transportada a un banco de baterías los cuales se encargan de que estas se carguen y que también puedan funcionar como la fuente de alimentación del circuito en caso de que el día este nublado y no exista demasiada energía para que los paneles puedan generar el voltaje necesario para el circuito.

La energía es trasladada hacia un inversor de corriente directa a corriente alterna en caso de que necesitáramos suministrarnos energía alterna y si en todo caso siempre podremos utilizar energía directa.

Finalmente llega el punto de la carga y es el aparato que vayamos a utilizar para así generarle el voltaje necesario para que este trabaje con mayor facilidad.

El uso de batería no es tan imprescindible debido a que las operaciones solo se utilizan en momentos que existe radiación solar lo que permite que el costo del sistema se reduzca grandemente.



6.7.2 Sistema de seguidor solar

En la siguiente figura se observa el diagrama de bloques de la configuración que presenta el seguidor solar. El diagrama del sistema de seguimiento solar es de lazo cerrado.

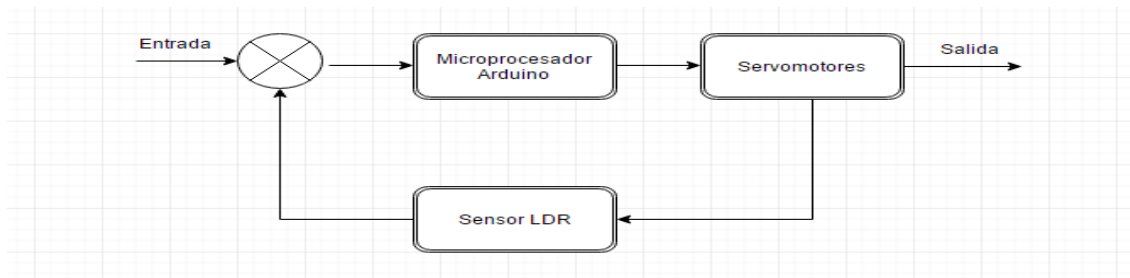


Figura 25. Diagrama de bloques de un seguidor solar.
Fuente: Propia

En esta sección hablamos sobre el seguidor solar que es muy importante ya que con él los paneles solares y el colector cilíndrico parabólico siempre estarán recibiendo la energía solar.

Es muy importante porque siempre deseamos aprovechar al máximo la radiación solar para los paneles para que siempre mantengamos la cantidad necesaria de voltaje y también para el colector cilíndrico para que siempre mantengamos la temperatura necesaria en el destilador solar.



Figura 26. Seguidor solar.
Fuente: <http://eliseosebastian.com/>



La intensidad de la radiación solar captada por los sensores no es la misma, debido a que el sol no se encuentra perpendicular a ellos.

Por medio de un sistema de control electrónico, esta diferencia es traducida a movimientos de los motores que regulan la posición del seguidor solar.

Cuando a la intensidad solar captada por ambos sensores sea prácticamente igual, los motores se detendrán y el seguidor solar quedará posicionado de tal forma que el sol incidirá perpendicularmente sobre ellos.

Este mecanismo es de suma importancia para el sistema porque con él se controla el movimiento del controlador cilíndrico parabólico y los paneles solares siempre reciban la luz solar y así se aproveche al máximo la energía.

El Arduino es un micro controlador muy sencillo de programar. Es el nombre que recibe uno de los hardware (con su software) libres más usados del mundo para configuración básica y elemental de un objeto electrónico.

Arduino comenzó siendo básicamente una plataforma electrónica que consistía en una placa con dos puertos, uno de entrada y uno de salida, con uno de los lenguajes de programación más sencillos del mundo, orientados a la configuración y utilización en cualquier función que se le escribiera y ordenará.

A través del puerto de salida, el usuario puede conectar una pantalla en la que se muestran los datos que ejecutará el lenguaje de programación que muestra el Entorno de Desarrollo Integrado que posee.

El hardware de la placa Arduino está conformado por una placa en la que están integrados un micro controlador de 8 bits desde su creación en el 2005, desde el 2012 se han creado placas de Arduino con microprocesadores de 32 bits capaces de ejecutar funciones más exigentes. También incorpora los dos puertos (salida y entrada) en los que se pueden conectar otros dispositivos como cargadores, otras



placas, pantallas LCD, y conectores USB, el cargador de arranque y el lenguaje de programación.

El lenguaje de programación multifuncional con el que trabaja la placa Arduino puede trabajar con muchos otros lenguajes como el Visual Basic de Microsoft, un sistema para programar soluciones sistemáticas dentro del ambiente Windows.



Figura 27. Mico controlador Arduino Uno.
Fuente: <https://es.slideshare.net/tefayanez/arduino-42996209>



En la siguiente imagen se observa la configuración del seguidor solar en el programa de simulación Proteus 8.

La conexión de los sensores LDR y los servomotores controlado por el micro controlador Arduino.

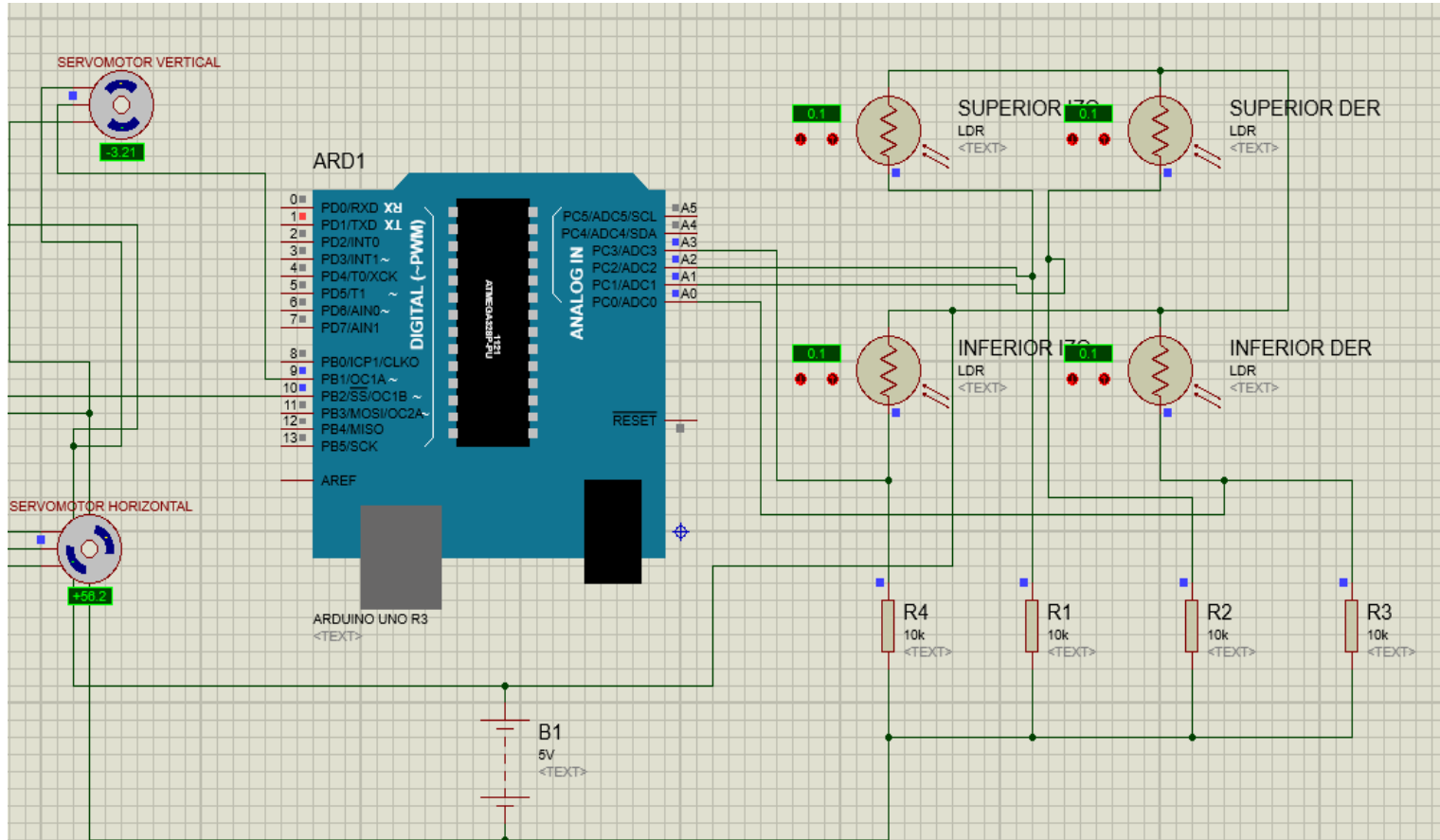


Figura 28. Diagrama electrónico del sistema de seguidor solar.
Fuente: Propia.



A continuación se muestra el diagrama de flujos del seguidor solar

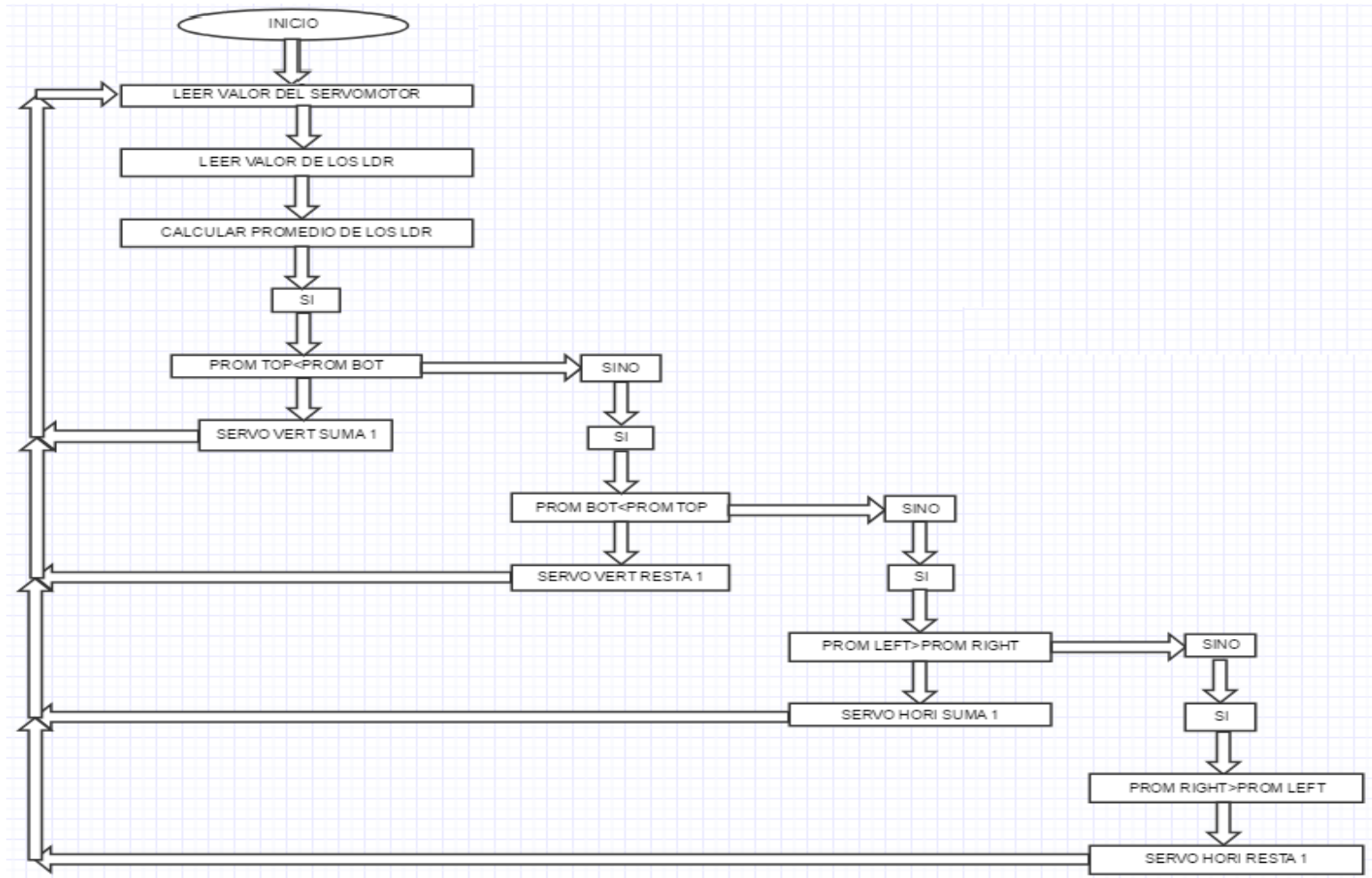


Figura 29. Diagrama de flujos del seguidor solar.
Fuente: Propia.



6.7.3 Sistema de nivel de agua

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques que presenta el sistema del sensor de nivel de agua que permite que llenemos cualquier contenedor.

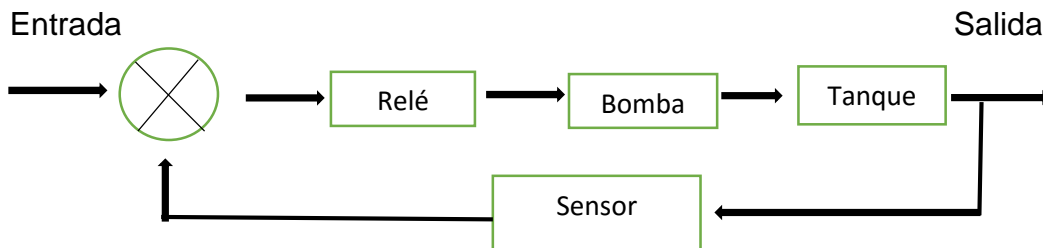


Figura 30. Diagrama en bloques del sistema de nivel de agua.
Fuente: Propia

En la figura anterior se muestra un sistema de lazo cerrado del sensor de nivel de llenado de tanque, la que utilizaremos para llenar el depósito del destilador solar.

Primeramente el recipiente está vacío y la bobina del relevador está conectado al positivo del circuito y para que esta logre funcionar debe conectarse el otro pin de la bobina al negativo.

Se insertan tres electrodos para que estos logren realizar el cierre del circuito cuando el depósito se llena de agua.

Un electrodo estará conectado al negativo del circuito mientras que los otros estarán conectado al otro pin de la bobina del relevador.

El relevador tiene dos contactos normalmente abiertos y dos contactos normalmente cerrado. El motor se conecta a un contacto normalmente cerrado para que al momento que el relevador no este alimentado el motor funcione y proceda al llenado.

El agua empieza a subir y llega hasta su punto máximo en el que se encuentra otro electrodo. Este hace contacto con el agua y con el electrodo que se encuentra



conectado al negativo y permite que el circuito se cierre y la bobina del relevador se active y cambie de estado sus conectores y el motor se detenga.

Al mismo tiempo el contacto de punto mínimo se cierra debido a que se encuentra conectado desde la salida de la bobina del relevador y con el otro contacto normalmente abierto y así permite el paso de la corriente y de esta manera la bomba no se active mientras el nivel del agua empieza a bajar.

Al momento que el tanque se vacié por completo ya no habrá como cerrar el circuito lo que permitirá que la bobina del relevador se apague y que los contactos vuelvan a su estado inicial permitiendo el paso de la corriente por los pines normalmente cerrado al que se encuentra el motor y de esta manera el tanque empiece a llenarse de nuevo.

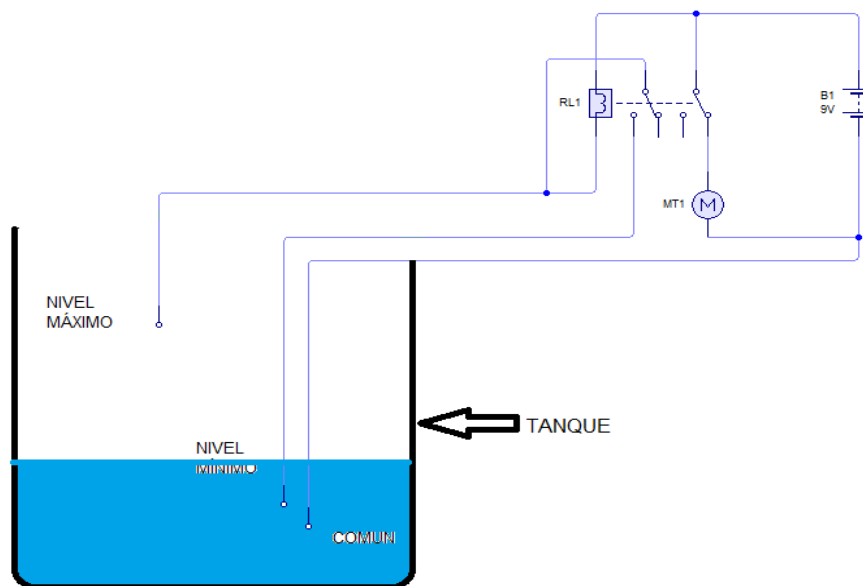


Figura 31. Diseño electrónico del sistema de nivel de agua.

Fuente: Propia.

En la imagen podemos apreciar un sistema de nivel de agua que se puede hacer de manera muy sencilla y está compuesto solamente con un relevador y la bomba eléctrica.



6.7.3.1.2 Representación matemática del llenado del tanque

q_i : Flujo de agua de entrada al tanque.

q_o : Flujo de agua a la salida del tanque.

h : Nivel de agua en el tanque.

c : Capacidad del tanque (volumen)

R : Relación establecida por la válvula inversamente proporcional entre el nivel de agua en el tanque y el flujo de agua de salida:

- Si la válvula está abierta, el nivel de agua en el tanque baja.
- Si la válvula está cerrada, el nivel de agua en el tanque se mantiene intacto.

La dinámica del sistema tiene dos comportamientos:

- Cuando el tanque se está llenando la válvula de salida está cerrada.
- Cuando el tanque se está llenando y la válvula de salida está abierta.

Procedimiento para la representación matemática

1. Aplicación de la ecuación balance

Entrada – Salida = Acumulación

Donde:

Entrada: Es el flujo de agua que entra al tanque.

Salida: Es el flujo de agua que sale del tanque.

Acumulación: Es la capacidad y nivel de agua variable en el tanque.

$$q_i(t) - q_o(t) = C \frac{dh(t)}{dt}$$

$$\text{Como } R = \frac{h(t)}{q_o(t)} \text{ entonces: } q_o(t) = q_i(t) - q_o(t) = c \frac{dh(t)}{dt}$$



$$q_i(t) - \frac{h(t)}{R} = c \frac{dh(t)}{dt}$$

Esta es una ecuación diferencial y determina el comportamiento dinámico del sistema. Para evitar la complejidad aplicamos transformada de L'Place.

2. Convertir la ecuación diferencial en ecuación algebraica:

Aplicando directamente la Transformada de L'Place la ecuación diferencial queda como:

$$Q_i(s) - \frac{H(s)}{R} = CS H(s)$$

$$Q_i(s) = CS H(s) + \frac{H(s)}{R}$$

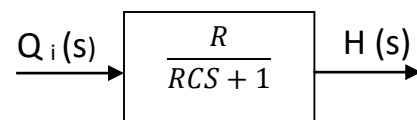
$$Q_i(s) = H(s) \left[\frac{RCS + 1}{R} \right]$$

Esta ecuación algebraica representa matemáticamente la relación nivel con entrada.

3. Relación nivel con entrada.

$$\frac{H(s)}{Q_i} = \frac{R}{RCS + 1}$$

El diagrama funcional de esta expresión se representa de la siguiente forma:



Este modelo matemático representa el proceso de cómo se llena el tanque cuando la válvula está cerrada (flujo de salida nulo). La función transferencial $R / (RCS + 1)$,



representa la relación entre el nivel del tanque y el flujo de entrada cuando la válvula está cerrada.

4. Relación salida con entrada.

$$Q_i(s) - \frac{H(s)}{R} = CS H(s)$$

Como $R = \frac{H(s)}{Q_o(s)}$ entonces:

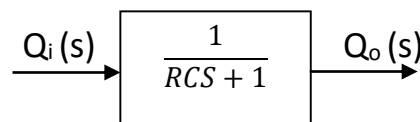
$$Q_i(s) - Q_o(s) = RCS Q_o(s)$$

$$Q_i(s) = RCS Q_o(s) + Q_o(s)$$

$$Q_i(s) = Q_o(s)(RCS + 1)$$

$$\frac{Q_o(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{RCS + 1}$$

Diagrama funcional:



Este modelo matemático el proceso de cómo se llena el tanque al mismo tiempo que la válvula de salida está abierta ($Q_o \neq 0$), es decir: desde que la partícula de agua entra hasta que sale.

En este caso RC puede ser sustituido por la función transferencial τ , que es una constante de tiempo:

$$\frac{Q_o(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{\tau S + 1}$$

Esta constante de tiempo determina el tiempo desde que la partícula de agua entra al tanque hasta que sale.



6.7.4 Proceso de purificación del agua

A continuación se explica el proceso de purificación de agua mediante la destilación del mismo.

Cuando la electrobomba empieza a funcionar suministra agua y esta se va almacenando en el interior del destilador solar hasta el nivel deseado o la cantidad de agua que se desea purificar. El nivel ha sido alcanzado y en este momento unos electrodos hacen contacto con el agua y la electrobomba se apagará porque el relé se activa y esto permite que ya no exista conexión de la bomba con la energía y empieza el ciclo de purificación por medio de la destilación solar.

Al momento que ya se encuentre purificada esta se almacenará en un tanque y podrá ser consumida.

Para que este proceso ocurra se necesita construir un destilador solar en que se pueda almacenar la cantidad de agua que se desea purificar y también fabricar un colector cilíndrico parabólico.

El destilador solar se colocara en el foco del colector cilíndrico parabólico para lograr proyectar la mayor cantidad de radiación. De esta manera se instalan otros servomotores al colector controlado por medio de Arduino y así permita aprovechar en casi un 100% la energía del sol.

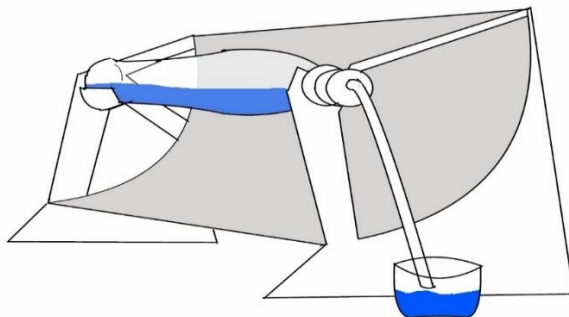


Figura 32. Destilador solar con colector cilíndrico parabólico.



6.7.5 Sensor de temperatura del Colector Cilíndrico Parabólico y del destilador solar

Para monitorear la temperatura en el destilador solar es necesario colocar un sensor en esta. El destilador se encuentra en el foco del colector cilíndrico parabólico y esta logra obtener mayor cantidad de radiación.

La temperatura que se recibe siempre se está siendo monitoreada, y el encargado de enviar esa señal es el sensor de temperatura LM35. Es uno de los componentes más usado en trabajos de medición de temperatura al igual que el Termistor. En la siguiente imagen se muestra un diagrama de bloques de lazo cerrado del sensor de temperatura.

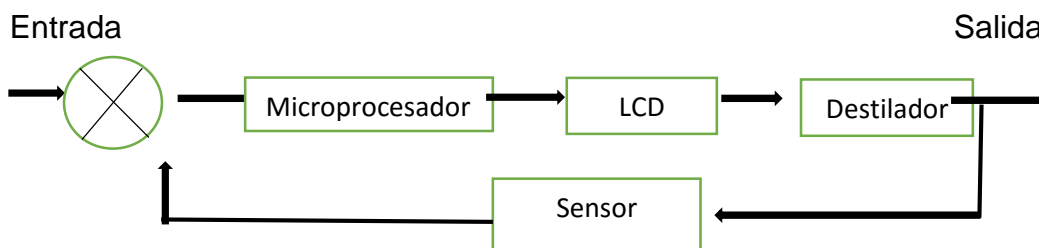


Figura 33. Diagrama en bloques de un sensor de temperatura.
Fuente: Propia.

6.7.5.1 Visualizador LCD

Con el módulo de visualización LCD, se permite representar en una pantalla de cristal líquido, diversos mensajes tanto informativos como de control de una manera cómoda y fácil.

Estos dispositivos se pueden encontrar con características diversas, con 1, 2, 3 o 4 líneas, de 16 hasta 40 caracteres por línea. Para el caso del sistema purificador de agua el LCD a utilizar es de 16x2, por medio de este lo que se pretende conocer es la temperatura del destilador solar.

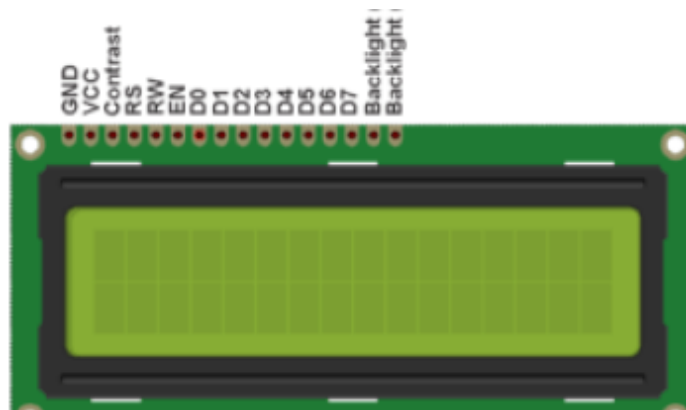


Figura 34. Pantalla LCD 16x2 utilizada para Arduino.
Fuente: <http://circuits4you.com>

Mediante el sensor LM35 o también podemos utilizar termistores, los cuales son los encargados de estar monitoreando la temperatura en cada momento, y estos envían los datos necesarios al módulo Arduino que es el encargado de analizar los datos recibidos y lo proyecta por medio de la pantalla LCD para que así podamos conocer la temperatura del destilador.



En la siguiente figura se observa un diagrama de flujos del funcionamiento del sensor de temperatura.

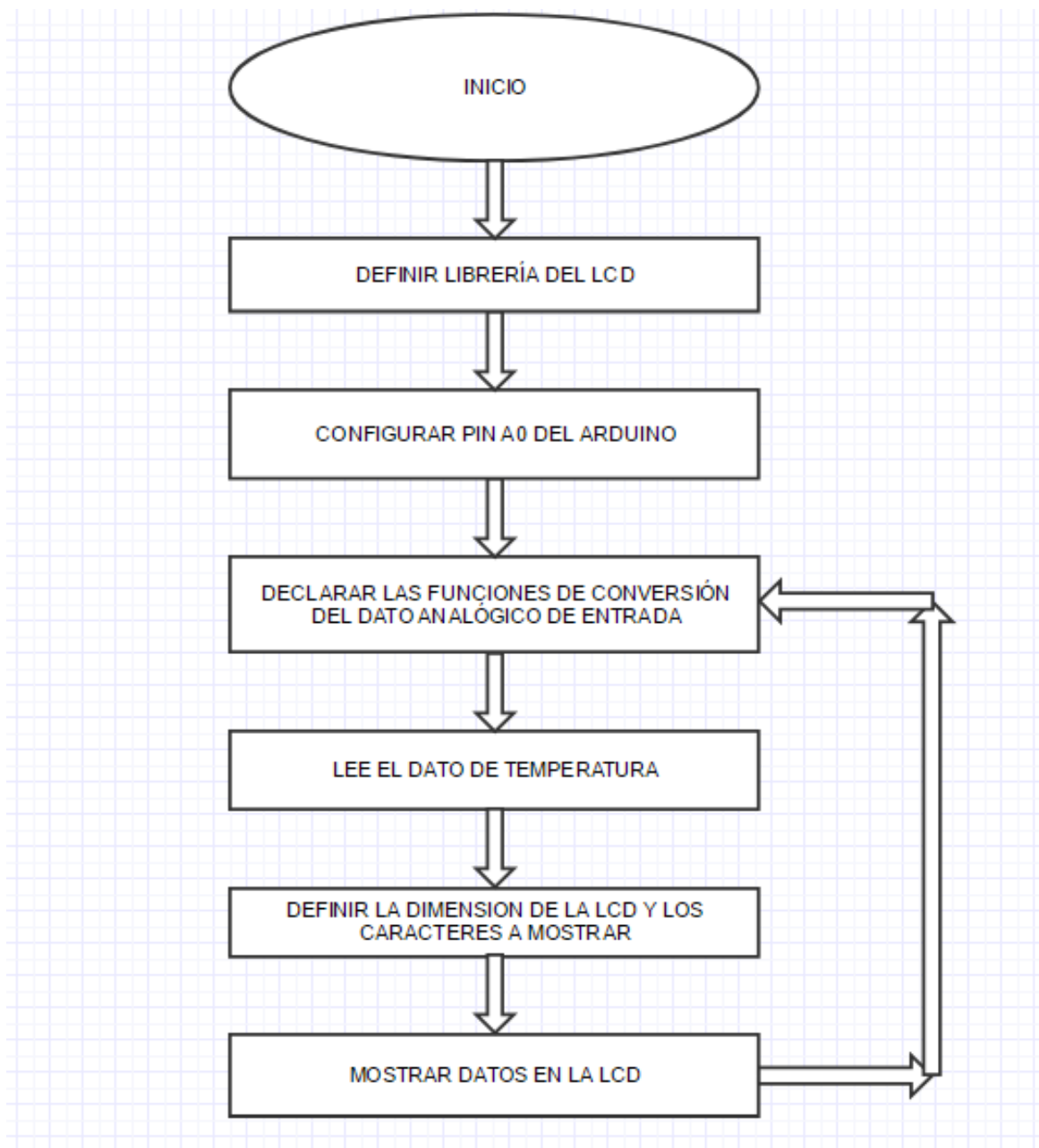


Figura 36. Diagrama de flujos del sensor de temperatura.
Fuente: Propia.



DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

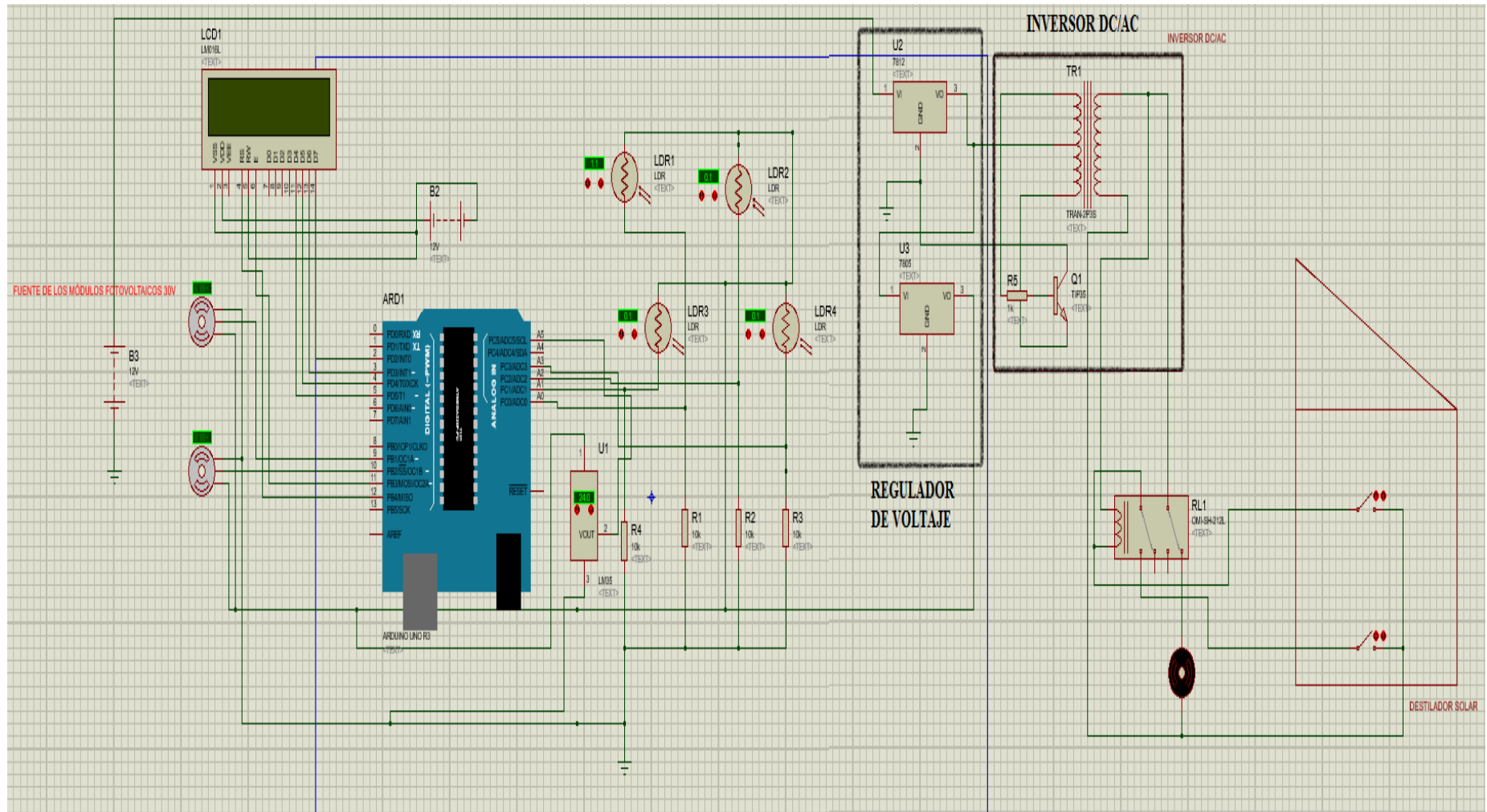


Figura 37. Diagrama general del sistema de purificación de agua.



ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA

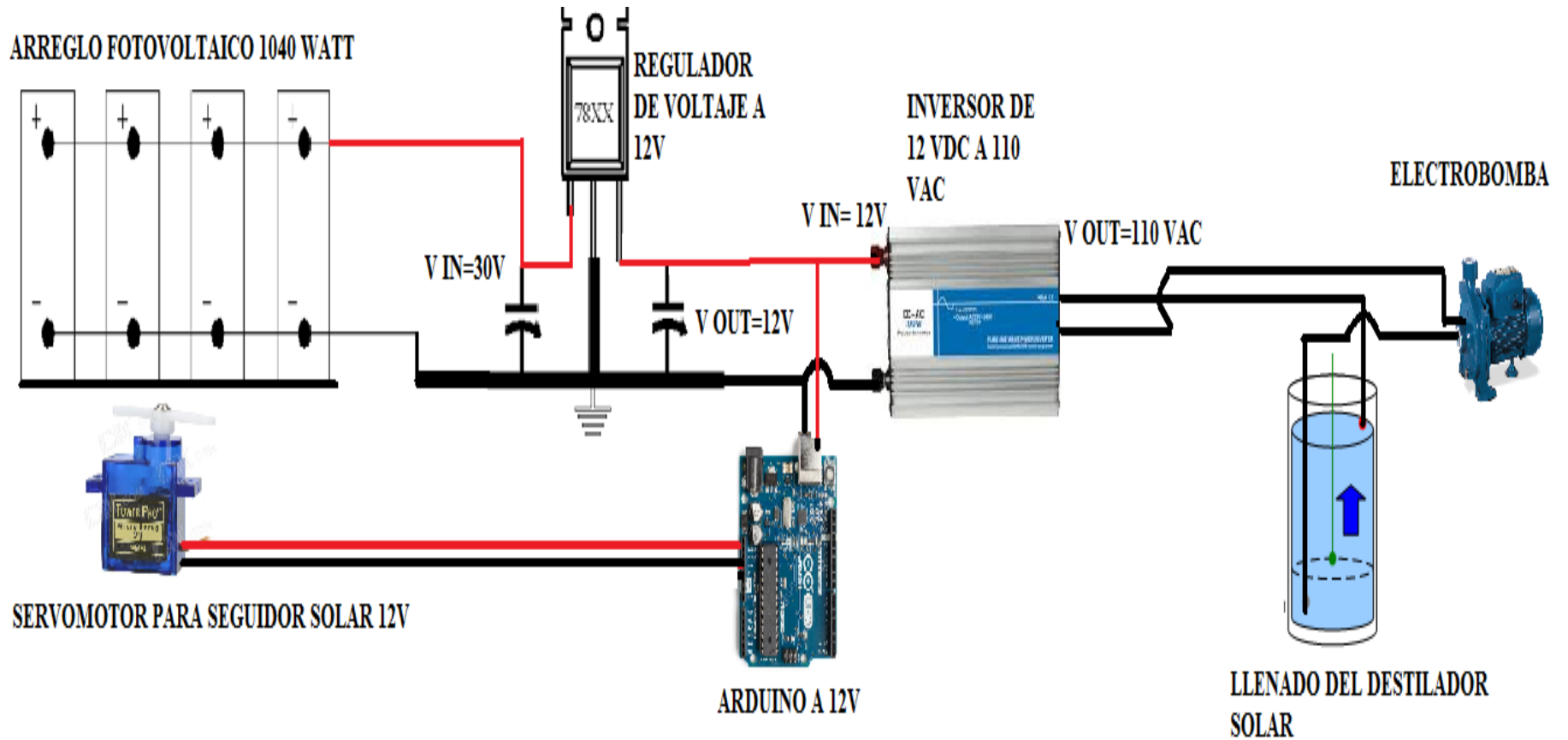


Figura 38. Esquema de conexión del sistema electrónico de purificación de agua.



6.8 VERIFICAR EL PROTOTIPO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA.

Para este diseño del sistema de purificación de agua se procedió a realizar una pequeña maqueta ilustrativa que permita mostrar cómo debe estar estructurado el sistema de purificación de agua con energía solar fotovoltaica.

En la siguiente imagen se muestra:



Figura 39. Pequeña maqueta ilustrativa del sistema de purificación de agua.

Fuente: Propia.

A pequeña escala se observa cómo se realiza el proceso de purificación de agua.

En primera instancia se tiene el seguidor solar con los paneles fotovoltaicos los que se encarga de la alimentación de la electrobomba, así también el control de nivel, el sensor de temperatura y el seguidor solar para los paneles y el colector cilíndrico parabólico. Anteriormente se habló de cómo están constituido los seguidores solares. Estos nos permiten tener una mayor captación y aprovechamiento de los rayos solares.



El seguidor solar está controlado por medio de Arduino. Este presenta un pic integrado que es fácil de programar y permite tener muchas funciones. El micro controlador permite calcular los valores de resistencia en los sensores LDR por medio de un divisor de voltaje colocando un resistor de 10KΩ en serie y según la información brindada el controlador enviará la orden de movimiento de los servomotores según la variación del voltaje.

En segundo se tiene un controlador de voltaje que permite regular el voltaje que viene de los paneles fotovoltaicos y convertirlos a 12 voltios y mantener siempre la misma tensión y de esta manera mediante un inversor se pueda elevar y convertirla.

En tercero se muestra el pozo con la electrobomba que permite la extracción del agua desde el pozo de abastecimiento.

Después de la extracción del agua esta es transportada por tuberías hacia un destilador solar que permite la purificación de agua mediante la ebullición del mismo.

Para obtener una mejor concentración de la energía se coloca un colector cilíndrico parabólico que permite que la mayoría de rayos solares apunten hacia el destilador y para aprovechar la energía se colocaría un seguidor solar para estos colectores.

Para tener un monitoreo constante de la temperatura se colocaría un sensor de temperatura para la observación constante del sistema.

De igual manera se colocaría un controlador de nivel en el destilador solar, esto permite conocer cuando el destilador este lleno al momento de llenado del mismo

El agua en el destilador solar empieza a cambiar de estado y se evapora mientras que la superficie superior del vidrio se encuentra, menos densa que el interior, entonces el agua empieza a volverse líquido y se convierte nuevamente entonces todo ello es transportado hacia un tanque de almacenamiento.

Básicamente ese es el funcionamiento que tendría un sistema de purificación de agua y con una maqueta nos permite examinar con más detalles cada componente.



6.8.1 COSTO APRÓXIMADO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA

Cuadro 11. Presupuesto del sistema automático de purificación de agua.

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Panel Fotovoltaico	4	\$312.00	\$624.00
Kit Arduino	1	\$66.66	\$66.66
Servomotores	2	\$86.00	\$172.00
Regulador de voltaje	1	\$400.00	\$400.00
Bomba de agua	1	\$2500.00	\$2500.00
LM35	1	\$1.33	\$1.33
LDR	4	\$0.67	\$2.67
Relé	2	\$1.17	\$2.33
Cable Multifilar Rojo	20 Metros	\$ 1	\$ 20
Cable Multifilar Negro	20 Metros	\$ 1	\$ 20
Construcción del destilador solar			\$ 1500
TOTAL			\$ 5,308.99

Nota: El costo del sistema podría aumentar dependiendo de los componentes y la cantidad que se vaya a utilizar.



7. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación muestran la viabilidad del diseño de un sistema de purificación de agua cuyo beneficio principal es permitir el consumo sin riesgo alguno a toda la comunidad los Chilamos.

Obtener un análisis completo de la calidad del agua en la comunidad Los Chilamos es un proceso extremadamente complejo y costoso debido a que tendrían que realizarse múltiples exámenes sobre varios pozos de la zona.

A través de un estudio de análisis de requerimientos se consiguieron los datos y/o variables, mecanismos, características y procesos necesarios para el diseño del sistema. La aplicación de este análisis permitió un estudio a profundidad de cada parámetro de los componentes, así como la instalación correcta de cada uno y su operación.

Conociendo todos los componentes necesarios del sistema se logró realizar un diseño que permita de manera automática la extracción, llenado del tanque y la purificación del agua, de esta manera conseguir agua de buena calidad libre de contaminantes para el consumo humano.

Se deben de tener en cuenta todos los valores de voltaje y potencia del circuito para lograr un conocimiento mayor detallado del diseño del sistema automático de purificación de agua y todos los cálculos fueron realizados y detallados.

Para obtener la mayor cantidad de radiación solar para los paneles fotovoltaicos, así como el colector cilíndrico parabólico se utilizó un microprocesador Arduino el cual permite el seguimiento del sol y así aprovechar al máximo la energía; además se utilizó un sensor de temperatura para el monitoreo en el destilador solar y determinar la mayor cantidad de temperatura que se obtiene en el interior. Todo esto fue simulado en el programa Arduino que es la plataforma del microprocesador que permite líneas de códigos de instrucciones de operación, de igual forma se



realizó una simulación del circuito en el programa proteus 8 para observar su funcionamiento.

La operación de este diseño está planteado para el día, no es necesario el uso de banco de baterías porque se utilizaría de manera directa la fuente de los paneles fotovoltaicos, lo que permite una gran reducción en los costos del sistema.

La purificación de agua por medio de energías renovables y concretamente a través de sistemas de automatización con energía fotovoltaica supone un proyecto novedoso con resultados inmediatos, para resolver problemas de abastecimiento de agua sobre todo en las áreas rurales del país.



8. RECOMENDACIONES

Comúnmente todo proyecto de investigación permanece abierto a mejoras continuas, así como también existe la posibilidad que sea tomado como referencia en nuevas líneas de investigación estrechamente ligadas al mismo. El sistema de purificación de agua expuesto no es la excepción, por lo que se recomienda:

- Para obtener mayores resultados en cuanto a calidad del agua purificada se recomienda mejorar el diseño del destilador e investigar sobre nuevos materiales con mejores propiedades reflectivas para el colector cilíndrico parabólico que permitan dirigir mayores cantidades de radiación para el destilador solar.
- Realizar un estudio del agua purificada obtenida, para determinar su calidad después del proceso en el destilador solar, además de los nuevos componentes que ella toma al momento de mezclarse por la tubería y el tanque de almacenamiento.
- Existen algunos minerales que tienen gran beneficio al cuerpo humano tales como El Hierro, Calcio, Magnesio, Sodio entre otros y estos pueden combinarse con el agua purificada destilada para un mejor aprovechamiento para los seres humanos.
- Estudiar la posibilidad de la utilización de los residuos sólidos que quedan en el destilador al momento que el agua es evaporada y purificada, así como experimentar una aplicación industrial de estos mismos residuos.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, A. V. (07 de Junio de 2013). El Nuevo Diario.
<http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/288294>
- Carrera, M. A. (2015). Diseño e implementación de un sistema automático de purificación de agua por medio de energía, reflexión solar y luz ultravioleta. Quito.
- Abelson Blandino, Ramiro García, Silvio Baltodano (2011). Diseño de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica, para una finca de cinco manzanas localizada en el viejo Chinandega
- EcuRed. www.ecured.cu
- EL NUEVO DIARIO. (2013).
<http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/278173-inauguraran-parque-solar-mas-grande-centroamerica/>
- Herrador, R. E. (2009). Guía de usuario de Arduino. San Francisco, California, Estados Unidos de América.
http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf
- http://www.esco-tel.com/paneles_solares.html.
- LA PRENSA, W. P. (2009). LA PRENSA NICARAGUA. Cambio climático golpea desde hace 40 años.
<http://www.laprensa.com.ni/2009/12/10/nacionales/10033-cambio-climatico-golpea-desde-hace-40-anos>
- Ó. Perpiñan, A. C. (2012). Diseño de sistemas fotovoltaicos.
- PROGNSA, P. G. (2009). LA ENERGÍA SOLAR. APLICACIONES PRÁCTICAS (Vol. 5ta Edición). Sevilla, España.



- twenergy. (2008). twenergy. twenergy: <https://twenergy.com>
- Rugama, H. M. (Noviembre de 2014). EL NUEVO DIARIO. US\$5,000 para producir 300 Kw con paneles solares.
<http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/333993-us-5-000-producir-300-kw-paneles-solares/>
- <http://www.lenntech.es/tabla-comparativa-estandares-oms-ue.htm>
- <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- <http://www.sitiosolar.com/el-bombeo-solar-fotovoltaico/>
- <https://www.google.com.ni/maps/>
- <http://www.monografias.com>
- <http://www.proteccioncivil.es>
- <https://cesacev.wordpress.com>
- <https://es.climate-data.org>
- <http://www.lenntech.es/tabla-comparativa-estandares-oms-ue.htm>
- <http://www.renesola.com/>
- <http://jardin-solar.blogspot.com>
- <http://eliseosebastian.com/>
- <http://www.codesolar.com>
- <http://martinsolar.es>
- <https://dawangtaielec.en.alibaba.com>
- <https://franklin-electric.com/>



- <http://alldatasheet.com/>
- <http://www.microcontroller-project.com/>
- <http://www.schneider-electric.com>
- <https://www.electronicasmd.com/>
- <https://sites.google.com/site/tecnorlopez32/tema3-energias-renovables/03-energia-solar>
- <http://www.energizar.org.ar/>
- <http://www.solener.com/>
- <http://eliseosebastian.com/>
- <https://es.slideshare.net/tefayanez/arduino-42996209>
- <http://circuits4you.com>



10. ANEXOS

10.1 DATOS METEREOLÓGICOS EN LA COMARCA LOS CHILAMOS CON RETSCREEN

RETScreen - Base de datos climatológicos

Mapa País: Nicaragua

Buscar Provin./Estado: Carazo

Ubicación de datos meteorológicos: Ver mapa

Latitud: 12.0 °N

Longitud: -86.1 °E

Zona climática: OA Extremadamente caliente - Húmedo

Elevación: 53.6 m

Temperatura de diseño de la calefacción: 23 °C

Temperatura de diseño del aire acondicionado: 31.1 °C

Amplitud de la temperatura del suelo: 5.1 °C

Fuente: NASA

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento 18 °C	Días-grado de enfriamiento 10 °C
	°C	%		mm	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d
Enero	26.7	64.6%	19.01	6.24	100.1	6.0	27.0	0	518
Febrero	27.4	61.5%	12.32	6.84	100.1	5.3	27.7	0	486
Marzo	28.1	59.7%	18.60	7.40	100.0	4.6	28.9	0	560
Abril	28.6	61.8%	15.64	7.28	99.9	3.7	29.8	0	557
Mayo	27.5	74.6%	196.87	6.37	100.0	3.3	28.8	0	543
Junio	26.8	81.2%	209.56	5.95	100.0	3.4	28.0	0	503
Julio	26.7	79.4%	120.86	6.26	100.0	4.3	27.6	0	516
Agosto	26.6	80.1%	138.76	6.27	100.0	3.7	27.7	0	515
Setiembre	26.3	81.8%	277.87	5.76	100.0	3.2	27.6	0	490
Octubre	26.2	80.6%	305.97	5.74	100.0	3.4	27.2	0	502
Noviembre	26.3	75.7%	80.87	5.74	100.0	4.4	26.8	0	488
Diciembre	26.4	69.3%	20.12	5.84	100.1	5.9	26.7	0	510
Anual	26.9	72.6%	1,416.45	6.30	100.0	4.3	27.8	0	6,186
Fuente	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a					m	10	0		



10.2 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL SEGUIDOR SOLAR EN ARDUINO

```
#include <Servo.h> //agregamos la librería de
servomotor en arduino.

//Definiendo Servos

Servo servohori; //configuramos el servomotor
horizontal.

int servoh = 0; //servomotor inicialmente en
0

int servohLimitHigh = 160; //Límite máximo del servomotor 160°
int servohLimitLow = 20; //Límite mínimo del servomotor 20°

Servo servoverti; //configuramos el servomotor vertical
int servov = 0; //servomotor inicialmente en 0
int servovLimitHigh = 160; //Límite máximo del servomotor 160°
int servovLimitLow = 20; //Límite mínimo del servomotor 20°
//Asignando LDRs //Configuramos los sensores LDR
int ldrtopl = 2; //top left LDR //Sensor superior izquierda
conectado al pin A2
int ldrtopr = 1; //top right LDR //Sensor superior derecho
conectado al pin A1
int ldrbotl = 3; // bottom left LDR //Sensor inferior izquierdo
conectado al pin A3
int ldrbotr = 0; // bottom right LDR //Sensor inferior derecho
conectado al pin A0

void setup () // Inicio de la configuración
{
    servohori.attach(10); //Configuramos el servomotor horizontal al
pin 10 del arduino
    servohori.write(0);
```



```
servoverti.attach(9); //Configuramos el servomotor vertical al
pin 9 del arduino

servoverti.write(0);

delay(500); //Damos un retardo de 500 milisegundos para que los
motores no se muevan tan rápido

Serial.begin(9600);

}

void loop() // Configuración de las instrucciones
{
    servoh = servohori.read(); //Leer posición del servomotor
horizontal
    servov = servoverti.read(); //Leer posición del servomotor
vertical

    //capturando valores analógicos de cada LDR
    int topl = analogRead(ldrtopl);
    int topr = analogRead(ldrtopr);
    int botl = analogRead(ldrbotl);
    int botr = analogRead(ldrbotr);

    // Calculando el Promedio
    int avgtop = (topl + topr) / 2; //Promedio del top LDRs
    int avgbot = (botl + botr) / 2; //Promedio del bottom LDRs
    int avgleft = (topl + botl) / 2; //Promedio del left LDRs
    int avgright = (topr + botr) / 2; //Promedio del right LDRs
    if (avgtop < avgbot) //Se procede con las instrucciones
dependiendo del valor de cada promedio.
    {
        servoverti.write(servov +1);
        if (servov > servovLimitHigh)
        {
```



```
servov = servovLimitHigh;
}
delay(10);
}
else if (avgbot < avgtop)
{
servoverti.write(servov -1);
if (servov < servovLimitLow)
{
servov = servovLimitLow;
}
delay(10);
}
else
{
servoverti.write(servov);
}
if (avgleft > avgright)
{
servohori.write(servoh +1);
if (servoh > servohLimitHigh)
{
servoh = servohLimitHigh;
}
delay(10);
}
else if (avgright > avgleft)
{
```



```
servohori.write(servoh -1);  
if (servoh < servohLimitLow)  
{  
  servoh = servohLimitLow;  
}  
delay(10);  
}  
else  
{  
  servohori.write(servoh);  
}  
delay(50); }
```



10.3 PROGRAMA SEGUIDOR SOLAR COMPILADO SIN ERRORES EN ARDUINO.

```
SEGUIDOR_SOLAR_03042017 Arduino 1.6.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

SEGUIDOR_SOLAR_03042017

#include <Servo.h>
//Definiendo Servos
Servo servohori;
int servoh = 0;
int servohLimitHigh = 160;
int servohLimitLow = 20;

Servo servoverti;
int servov = 0;
int servovLimitHigh = 160;
int servovLimitLow = 20;
//Asignando LDRs
int ldrtopl = 2; //top left LDR
int ldrtopr = 1; //top right LDR
int ldrbotl = 3; // bottom left LDR
int ldrbotr = 0; // bottom right LDR

void setup ()
{
  servohori.attach(10);
  servohori.write(0);
  servoverti.attach(9);
  servoverti.write(0);
  delay(500);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()

Compilado

El Sketch usa 3,734 bytes (11%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32,256 bytes.
Las variables Globales usan 234 bytes (11%) de la memoria dinámica, dejando 1,814 bytes para las variables locales. El máximo es 2,048 bytes.

Arduino/Genuino Uno en COM1
```



10.4 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA EN ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //Hasta aquí hemos declarado
la librería para la LCD y los pines por donde le va a entrar la
información.

float centi() // Función para leer el dato analógico y convertirlo
a digital:
{
    int dato;
    float c;
    dato=analogRead(A0);
    c = (500.0 * dato)/1023;
    return (c);
}

float kelvin(float cent)
{
    float k;
    k=cent+273.15;
    return(k);
}

float fahren(float cent)
{
    float f;
    f=cent*1.8+32;
    return (f);
}

float rankin(float cent)
{

```



```
float r;

r=(cent + 273.15)*1.8;

return (r);

}

//Hasta aquí hemos declarado las funciones de conversión del dato
analógico de entrada del sensor en grados celsius en sus
respectivas equivalencias.

void setup()

{

lcd.begin(16,2);      // Definimos la LCD con dimensión 2x16 y
definimos los caracteres que deben salir en las filas:

lcd.print("C=      F=");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("Temperatura");

}

//Hasta aquí hemos definido qué queremos que salga impreso por la
pantalla y el tamaño de ésta.

void loop() {

float Centigrados = centi();

float Fahrenheit = fahren (Centigrados);

float Rankin = rankin (Centigrados);

float Kelvin = kelvin (Centigrados);

lcd.setCursor(2,0);

lcd.print(Centigrados);

lcd.setCursor(10,0);

lcd.print(Fahrenheit);

delay(200); } //Por último, hemos usado la parte activa del
programa o bucle para que constantemente para cada variación
recalcule los datos.
```




10.5 PROGRAMA SENSOR DE TEMPERATURA PARA ARDUINO COMPILADO SIN ERRORES.

```
Medidor_de_temperatura Arduino 1.6.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Medidor_de_temperatura
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

//Hasta aquí hemos declarado la librería para la LCD y los pines por donde le va a entrar la información.

float centi()
{// Funcion para leer el dato analogico y convertirlo a digital:

  int dato;
  float c;
  dato=analogRead(A0);

  c = (500.0 * dato)/1023;
  return (c);
}

float kelvin(float cent)
{
  float k;
  k=cent+273.15;
  return(k);
}

float fahren(float cent)
{
  float f;

```

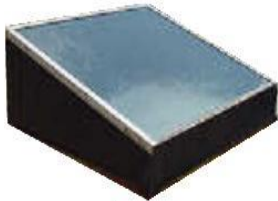

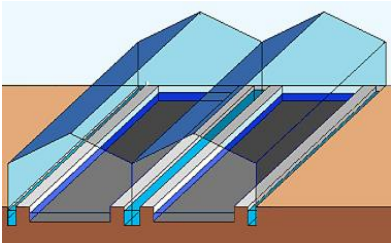
Compilado

El Sketch usa 3,842 bytes (11%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32,256 bytes.
Las variables Globales usan 79 bytes (3%) de la memoria dinámica, dejando 1,969 bytes para las variables locales. El máximo es 2,048 bytes.

Arduino/Genuino Uno en COM1



10.6 TIPOS DE DESTILADORES SOLARES.

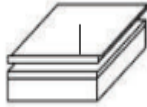

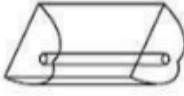
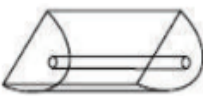


TIPOS	DESCRIPCION	IMAGEN
Destilador solar de una vertiente	Se compone de una caja cubierta por un cristal inclinado. Se divide en dos compartimientos, una con fondo color negro donde se coloca el agua a destilar y el receptáculo donde se recoge el agua destilada	
Destilador solar de dos vertientes o caseta	Se estructura en una caseta de material semitransparente, generalmente vidrio, que se coloca sobre una bandeja que contiene agua a destilar. La radiación del sol evapora el agua y se condensa en el panel transparente, se deslizan y precipitan hacia un depósito obteniendo agua pura.	
Destilador solar de invernadero	Son estructuras de invernadero que en su interior alberga un estanque de agua, de color negro y de poca profundidad. El agua evaporada se condensa en las paredes del invernadero y se desliza hacia los receptáculos ubicados en la base de las paredes. Este modelo es de gran tamaño y alberga más capacidad.	



<p>Destilador solar de cascada</p>	<p>Se constituye de un par de gradas que disponen de estanques con fondo de color negro, llenos de agua para destilar, cubiertos por un vidrio o superficie transparente en donde se condensa y precipita el agua purificada, que se dirige hacia los receptáculos.</p>	
<p>Destilador solar esférico</p>	<p>Consta de una esfera de material transparente, de una bandeja con fondo de color oscuro en la parte central donde se coloca el agua a destilar y una barrera en el interior, movida o accionada mediante un motor que recoge el agua destilada.</p>	



10.7 TIPOS DE COLECTORES SOLARES.

			Nombre	Imagen	Razón de concentración n "C"	Rango de temperatura alcanzada °C
Estacionario		Absorbedor plano	Captador plano de agua/aire		$C \leq 1$	$30 < T < 250$
			Tubos de vacío		$C \leq 1$	$50 < T < 200$
Seguidores	Seguimiento a un eje	Absorbedores tubulares	Colector parabólico o compuesto		$1 < C < 15$	$70 < T < 300$
			Colector cilíndrico parabólico		$15 < C < 40$	$70 < T < 350$
	Seguimiento a dos ejes	Absorbedores puntuales	Disco parabólico		$100 < C < 1000$	$70 < T < 1500$
			Torre central		$100 < C < 1500$	$150 < T < 1500$



10.8 TABLAS METALES PESADOS SEGÚN LA OMS.

ELEMENTO	ESTANDARES DE LA OMS
Aluminio	0.2 mg/l
Amonio	No hay directriz
Antimonio	0.005 mg/l
Bario	0.3 mg/l
Bario	No hay directriz
Boro	0.3 mg/l
Bromato	No se menciona
Cadmio	0.003 mg/l
Cromo	0.05 mg/l
Cobre	2 mg/l
Hierro	No hay directriz
Plomo	0.01 mg/l
Manganeso	0.5 mg/l
Mercurio	0.001 mg/l
Molibdeno	0.07 mg/l
Níquel	0.02 mg/l
Nitrógeno total	50 mg/l
Selenio	0.01 mg/l
Plata	No hay directriz
Sodio	200 mg/l
Estaño	No hay directriz
Uranio	1.4 mg/l
Zinc	3 mg/l

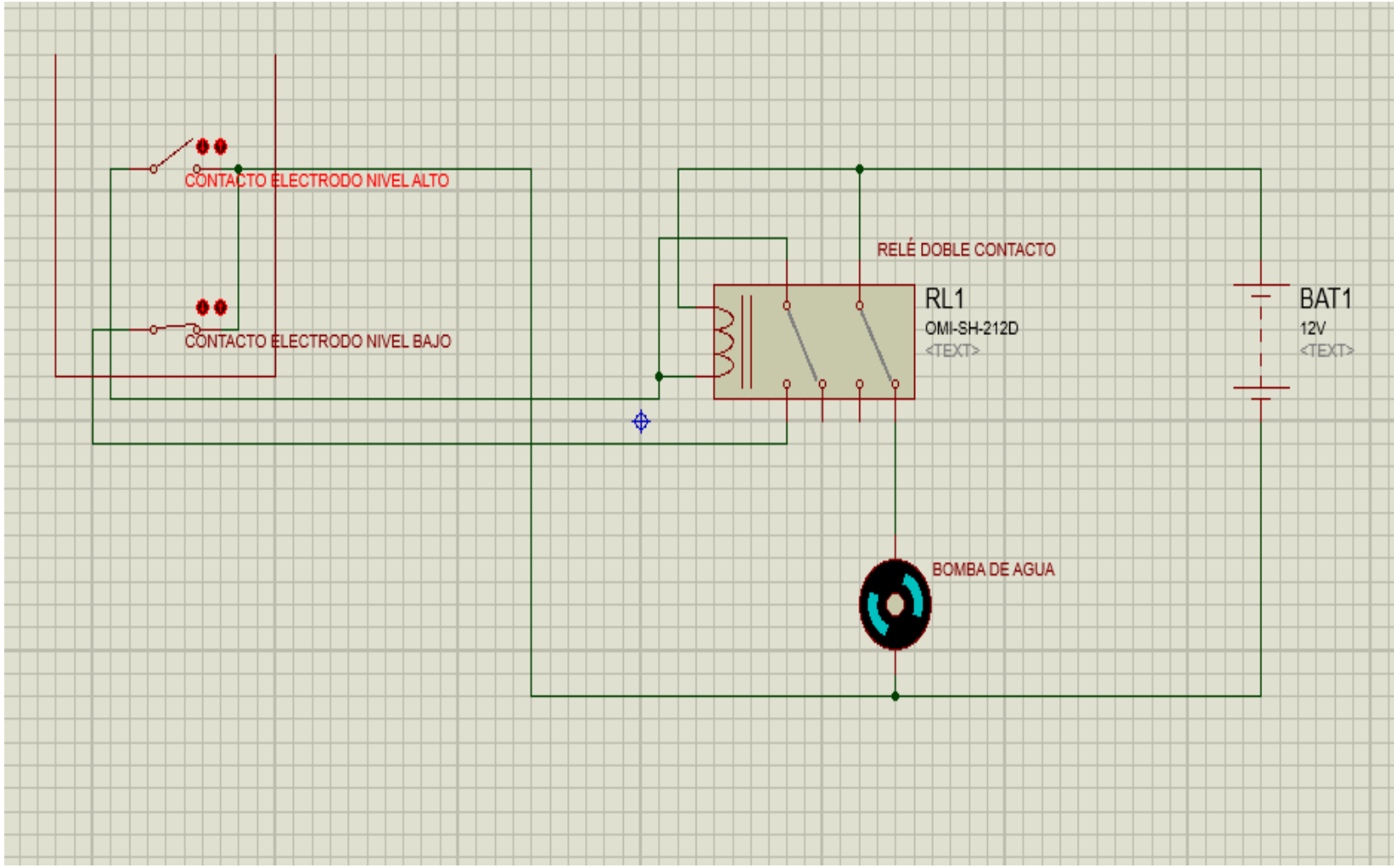


10.9 DESCRIPCIÓN DE CADA BACTERIA.

BACTERIA	DESCRIPCIÓN
Coliforme Fecales	Los Coliforme fecales son Coliforme totales que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas a temperaturas comprendidas entre 44 y 45°C en presencia de sales biliares.
Coliforme Total	Se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C.
Escherichia coli	Productora de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos. Puede crecer a temperaturas que oscilan entre 7 °C y 50 °C, con una temperatura óptima de 37 °C. Algunas pueden proliferar en alimentos ácidos, hasta a un pH de 4,4, y en alimentos con una actividad de agua (aW) mínima de 0,95.
Clostridium Perfringens	El Clostridium perfringens es una bacteria anaeróbica (lo que significa que puede crecer sin la presencia de oxígeno), Gram-positiva, cuyos bacilos forman esporas. Esta bacteria se distribuye ampliamente en el ambiente y con frecuencia se encuentra en el tracto digestivo de los humanos y muchos animales domésticos y asilvestrados.
Pseudomonas Aeruginosa	Es una bacteria flagelada con forma de bastoncillo, que produce pigmentos fluorescentes de colores que pueden variar desde el rojo hasta el negro. Es una bacteria muy extendida, y puede encontrarse en el agua, la tierra, animales o plantas, ya que sus necesidades alimenticias son mínimas, aunque las enfermedades producidas por esta bacteria están asociadas a su preferencia por los medios húmedos. En los seres humanos puede encontrarse en las zonas más húmedas del cuerpo, como son las axilas, los oídos y la zona alrededor del ano.

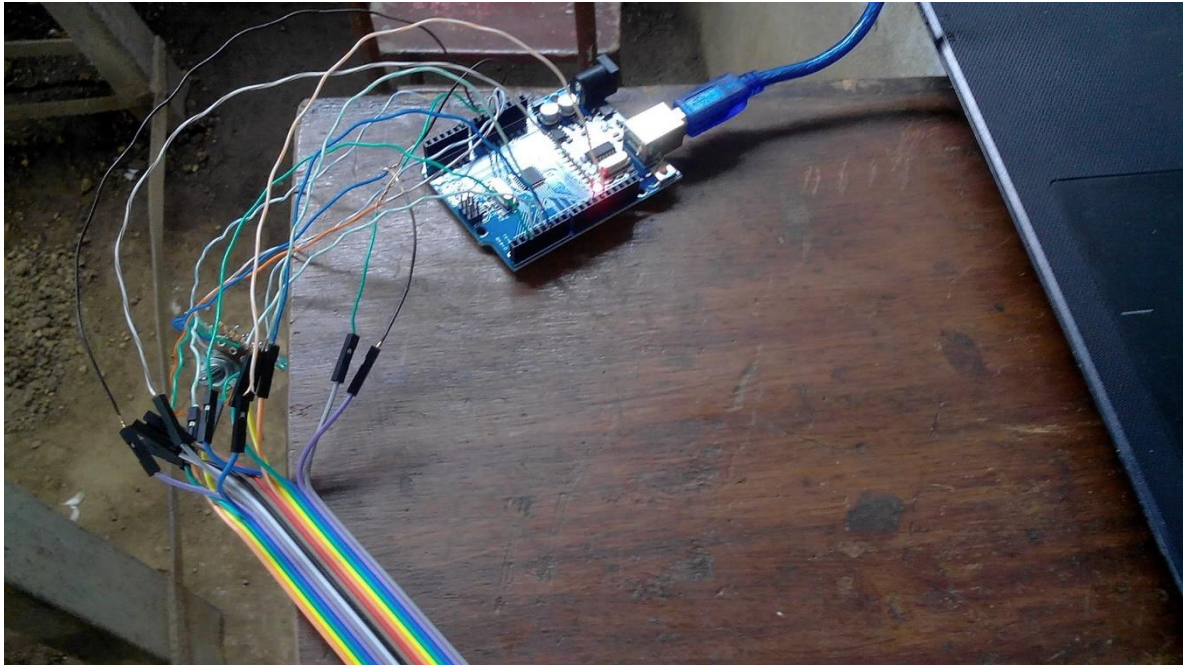


10.10 DETECTOR DE NIVEL DE AGUA SIMULADO EN PROTEUS 8.





10.11 FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE TEMPERATURA MEDIANTE ARDUINO.



10.12 FOTO DE INVERSOR DE 45-90 VDC / 110 V AC.



10.13 FOTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS 30 VDC.

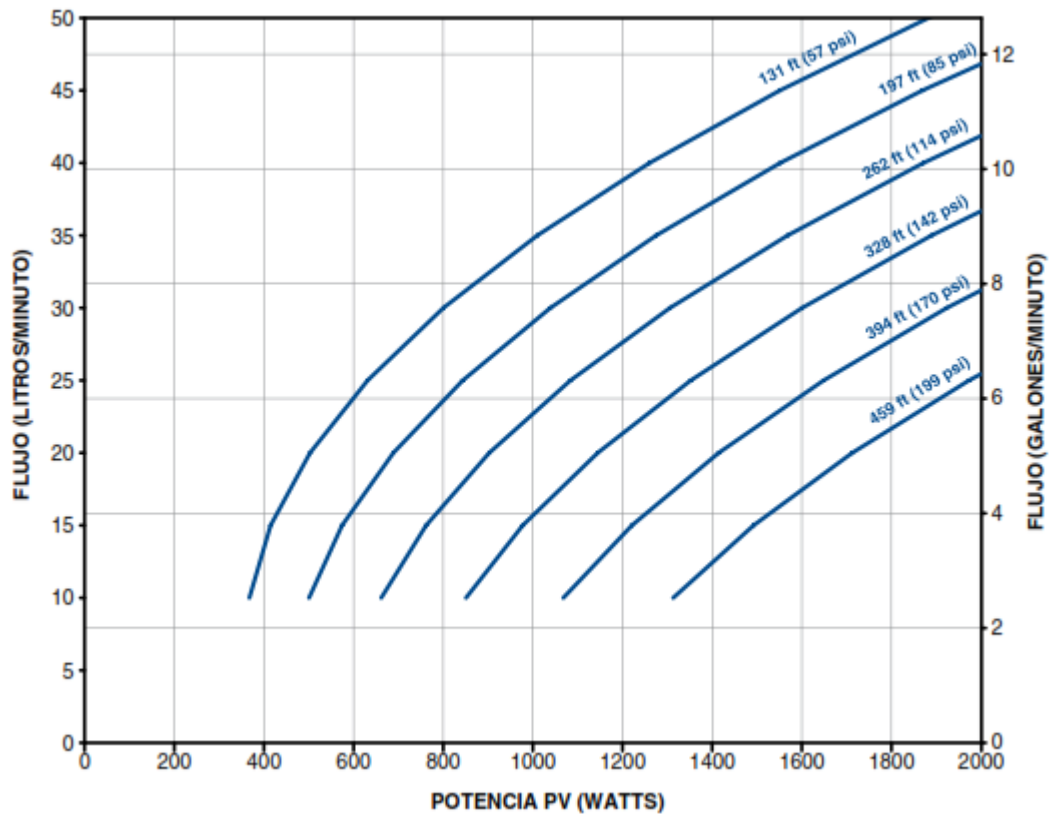




10.14 ELECTROBOMBA FRANKLIN ELECTRIC ESPECIFICACIONES

10SDSP-1.5HP

SubDrive Solar 1.5 hp, Bomba de 10 GPM 2.0 HP, 1.5 HP Motor



		Potencia PV(Watts)								
		400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Carga Total (ft)		Flujo (GPM)								
131		4	6	8	9	10	11	12	13	
197			4	6	8	9	10	11	12	12
262				4	6	7	8	10	10	11
328					4	6	7	8	9	10
394						5	5	6	7	8
459							4	5	6	7