



Diseño de planta desalinizadora de agua de pozo, por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica en la comunidad de Poromana, municipio de Manaure

HERNAN DAVID FUENTES GARCIA

ROBERTH MAURICIO HUERTAS GONZALEZ

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Riohacha, Colombia
2020

Diseño de planta desalinizadora de agua de pozo, por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica en la comunidad de Poromana, municipio de Manaure

HERNAN DAVID FUENTES GARCIA

ROBERTH MAURICIO HUERTAS GONZALEZ

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electro Mecánico

Director (a):

Ingeniero Eléctrico Alain Buendía Aguirre

Línea de Investigación: Energía fotovoltaica

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Riohacha, Colombia

2020

Dedicatoria

A mis padres, quienes, con su ejemplo y dirección, forjaron en mi todo un cúmulo de valores y principios que han guiado mi vida de manera ejemplar. ¡A ellos mi gratitud eterna!

Hernán

A mi esposa e hija, por su apoyo permanente en el logro de esta importante meta. A mi madre, quien inculcó en mí el don de la superación y la responsabilidad. A toda mi familia el agradecimiento permanente.

Robert

Agradecimientos

El grupo investigador desea agradecer de manera especial a las autoridades académicas de la Universidad Antonio Nariño, seccional Riohacha por el apoyo formativo recibido durante nuestro paso por esta importante alma mater.

A nuestros profesores por las enseñanzas impartidas y los logros obtenidos de, al igual que las asesorías brindadas

Al Ingeniero Eléctrico Alain Buendía por el direccionamiento y consejos adecuados para poder llevar a cabo el presente trabajo investigativo

Al grupo de compañeros y amigos quienes nos brindaron el apoyo y el fundamento de una verdadera amistad y disposición siempre. A todos mil gracias.

Resumen

El presente anteproyecto investigativo tiene como objetivo el diseño de una planta desalinizadora de agua de pozo, por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica en la Comunidad de Poromana, Municipio de Manaure, buscando con ello brindar una solución óptima al problema del agua en dicha comunidad, la cual viene padeciendo la carencia del preciado líquido. Este anteproyecto de investigación busca dar una posible solución a la necesidad básica de esta comunidad con un sistema de purificación de agua y distribuirla de manera eficiente a la población.

Palabras Clave: Desalinización, agua, ósmosis inversas, energía fotovoltaica

Abstract

The objective of this research project is to design a well water desalination plant, using reverse osmosis, using photovoltaic energy in the Poromana Community, Manaure Municipality, thereby seeking to provide an optimal solution to the water problem in said community, which has been suffering from the lack of the precious liquid. This preliminary research project seeks to provide a possible solution to the basic need of this community with a water purification system and to distribute it efficiently to the population.

Keywords: Desalination, water, reverse osmosis, photovoltaic energy

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XII
Lista de tablas	XIII
Lista de Símbolos y abreviaturas	XIV
Introducción	2
1. Antecedentes	4
1.1 Planteamiento del problema	5
1.1.1 Justificación	9
1.1.2 Objetivos	10
A. Objetivo general	10
B. Objetivos específicos	11
2. Marco teórico	12
2.1 Osmosis	12
2.1.1 Osmosis inversa	13
2.2 Desalinización	14
2.2.1 Captación de agua	15
2.3 Energía fotovoltaica	19
2.3.1 Beneficio de energía fotovoltaica	25
3. Predimensionado-dimensionado	25
3.1 Determinar estimación de consumo	27
3.2 Determinar irradiación solar y ángulo posicionamiento	28
3.3 Dimensionamiento paneles fotovoltaicos	32
3.3.1 Número de paneles fotovoltaicos y configuraciones	33
3.3.2 Conexión de paneles fotoovoltáicos en serie	33
3.3.3 Conexión paneles fotovoltaicos en paralelo	34
3.4 Dimensionado de baterías	35

8	Diseño de planta desalinizadora de agua de pozo, por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica en la comunidad de Poromana, municipio de Manaure	
<hr/>		
	3.5 Dimensionamiento de inversor	36
	3.6 Sistema de almacenamiento	36
	3.7 Prototipo a poner en operación	37
4.	Estudio de la potabilización de agua de pozo	38
5.	Justificación de la inversión	39
6.	Metodología	40
7.	Plan de trabajo	41
8.	Calendario	42
9.	Viabilidad económica	42
	Conclusiones	43
	Bibliografía	45
	Anexos	49
A.	Inversor multifuncional	50
B.	Banco de baterías	50
C.	Anexo: Esquemático sistema solar fotovoltaico	51
D.	Anexo: Esquemático principal sistema solar fotovoltaico	52
E.	Anexo: Paneles solares fotovoltaico	52
F.	Anexo: Planta electrógena de respaldo	53
G.	Anexo: Detalle planta osmosis inversa	54
H.	Anexo: Detalle planta osmosis inversa en Poromana	55
I.	Anexo: Esquema de sistematización de desalinización por osmosis inversa	56
J.	Anexo: Ficha técnica módulo solar fotovoltaico	57
K.	Anexo: Ficha técnica de batería, modelo OT 200-12	58
L.	Anexo: Ficha técnica inversor GEMKs 4K-48	60
M.	Anexo: Ubicación de Poromana	61

Contenido	9
N. Anexo: Cotización de equipos	62
O. Anexo: Registro fotográfico Poromana	63

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Osmosis	12
Figura 2: Osmosis directa e inversa	14
Figura 3: Angulo de inclinación	31
Figura 4: Conexión de módulos fotovoltaicos en serie	33
Figura 5: Conexión de módulos fotovoltaicos en paralelo	34

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Estimación de consumo	27
Tabla 2: Radiación solar en Riohacha	28
Tabla 3: Radicación solar en Colombia	29
Tabla 4: Brillo solar medio mensual en Manaure	30
Tabla 5: Características principales del panel	32
Tabla 6: Componentes del desalinizador solar	37
Tabla 7. Estudio de potabilización del agua de pozo	38

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término
E_{ac}	Energía alterna consumida
E_{tac}	Energía alterna total consumida
$Kw/m^2/año$	Kilometro por metro cuadrado por año
P_{min}	Potencia pico mínima
P_{pp}	Potencia pico del panel
W	Vatios
$WH/Días$	Vatios por días

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
B_{optimo}	Angulo de inclinación óptimo		
G_{α}	Irradiación global horizontal		
G_{β}	Radiación sobre una superficie inclinada		

Introducción

El presente proyecto está enmarcado en unos requerimientos prácticos, pues va dirigido al diseño de una planta desalinizadora que utiliza la energía fotovoltaica en la comunidad indígena wayuu de Poromana, en el municipio de Manaure, Colombia, la cual dispone del preciado líquido, pero sin la potabilidad necesaria para ser consumida y viene presentando problemas de salud por ser agua de mala calidad, proveniente de pozos profundos.

Los problemas de sequías, bajos volúmenes de precipitaciones anuales y la sobreexplotación de recursos hídricos, han provocado que, en el municipio de Manaure, se originen estrategias y se planteen proyectos de investigación, que brinden soluciones a la problemática del agua, que sin su debido abastecimiento impacta directamente en la calidad de vida de las comunidades indígenas de este ente territorial.

Para la confección del proyecto se optó por realizar la visita a la comunidad de Poromana, donde se encontró una situación calamitosa en cuanto a la disponibilidad del agua potable, la cual no está disponible en los mantos acuíferos del sector. Allí se dialogó con las autoridades tradicionales y con dirigentes del sector. El proceso del diseño está representado en una serie de actividades que comprenden, en primer lugar, la generación de unas ideas relacionadas con la cuantificación de la población, determinación del consumo requerido; cálculo de la producción requerida, el tipo de equipos necesarios para

satisfacer la demanda; el análisis del sitio donde se ha de instalar los equipos y su mantenimiento, así como los costos totales de su ejecución.

La realidad es que lo único existente es un viejo molino que aún extrae agua, pero de muy mala calidad, poniendo en riesgo la salud y el bienestar de los moradores y sin la existencia de un apoyo institucional ya sea de origen público o privado; teniendo los pobladores que adquirir el líquido en la ciudad de Riohacha, encareciendo este vital elemento y poniendo en riesgo la vida y salud de los habitantes del sector, que al no tenerlo de manera normal y en las cantidades y calidades estipuladas por las autoridades sanitarias a nivel mundial, se exponen a enfermedades y riesgos de su propia vida

La redacción del trabajo se inicia con el primer capítulo y una serie de subcapítulos que ayudan a interpretar de manera coherente los objetivos de la investigación. Allí se describe la problemática de la población y los procesos que vienen pasando a no disponer del agua potable, siendo este el clamor más patente que lanza la comunidad y las 65 familias que la conforman.

1. Antecedentes

Desde tiempos inmemoriales, La Guajira ha venido presentando altas deficiencias en el suministro de agua. En este aspecto se observa que hay un sistema de corrupción enclaustrado en las mismas instituciones del Estado y los funcionarios que ejercen cargos de dirección. Al respecto se precisa que *“Lo más indignante para los guajiros en general es que en torno al agua, es decir, a la sed del pueblo y la muerte de niños, han estado amarrados los más grandes procesos de corrupción. Precisamente las regalías fueron diseñadas para saneamiento básico en especial. Habría que preguntarles a los viejos caciques politiqueros que mantuvieron el poder y todo el dinero del mundo para resolver esos problemas; por qué no lo hicieron. Asimismo, permitieron que las cosas empeoraran hasta los niveles actuales de crisis, con muertes y desolación”* (González, 2019).

Lo denunciado por González es una realidad que se viene agudizando día a día, donde las instituciones del Estado no tienen como tapar el sol con un dedo acerca de las estadísticas producidas por la mala calidad del agua y su incidencia en la vida de las personas ubicadas en esta zona de la geografía nacional. En sintonía con este criterio, y tomando cifras oficiales se precisa que *“El Dane, tiene en sus registros que, entre 2008 y 2013, en el departamento murieron 4.151 niños: 278 por desnutrición, 2.671 por enfermedades que pudieron haberse tratado y 1.202 que no alcanzaron a nacer por falta de controles prenatales”* (Grandas, 2014).

Como puede analizarse todos los procesos anteriores apuntan al agua y sus consecuencias son nefastas para la población. Por otro lado, las fuentes hídricas en el Departamento son escasas, primordialmente en la media y alta Guajira, donde el único cauce es el Ranchería, el cual ha sido desviado en varios tramos, cercanos al proyecto carbonífero del Cerrejón, y de acuerdo a González (2019) *“Ya se ha afectado su ciclo hidrológico debido a la deforestación y desaparición de muchos arroyos, por las consecuencias de 35 años de*

explotación minera. Por desgracia casi 20 kilómetros de su cauce pasan por las áreas concesionadas a la industria del carbón”.

Es innegable el impacto que estos desvíos y daños al medio ambiente generan en la población, por ello hasta el presente se han dado cinco fallos, entre ellos uno de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH), otro de la Corte Constitucional. *El año pasado hubo dos fallos más en los que la Corte reiteró lo que ocurre en La Guajira, y hace tres semanas, el tribunal constitucional emitió un último fallo en el que volvió a recordar que en ese departamento el problema de acceso al servicio de agua no se ha solucionado.*

Pese a todas esas órdenes judiciales e internacionales –cinco fallos en los últimos cuatro años–, La Guajira sigue con sed. En los últimos meses, el Gobierno inició el proyecto ‘Guajira Azul’, con el que se comprometió a invertir 424.000 millones de pesos para poder tener cobertura del servicio en el 86 por ciento de la población, en un plazo de cuatro años. Pero los avances son lentos (Moreno, 2019).

1.1 Planteamiento del problema

La energía fotovoltaica ha acompañado a la humanidad desde la aparición del mundo y de las distintas civilizaciones, así lo anuncia el libro bíblico Génesis 1:16 “E hizo Dios las dos grandes lumbreras; la lumbrera mayor para que señorease en el día, y la lumbrera menor para que señorease en la noche; hizo también las estrellas.”. Secuencialmente, la historia habla del físico e ingeniero griego Arquímedes, quien, utilizando los espejos ustorios y la concentración de los rayos solares, quemó los bajeles romanos al mando de Marcelo, en la Batalla de Siracusa.

Estas citas ponen de manifiesto la utilidad de la energía fotovoltaica en todas las épocas de la sociedad, en la que se hace necesario cambiar de paradigmas en cuanto a la utilización de las energías tradicionales, las cuales están llevando a altos niveles de contaminación y daño en los ecosistemas, en la salud de las personas, en el desarrollo y crianza de los animales domésticos, que, en su conjunto, sufren las consecuencias del uso indiscriminado de este tipo de energía.

6 Diseño de planta desalinizadora de agua de pozo, por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica en la comunidad de Poromana, municipio de Manaure

En consonancia con ese principio útil de la energía solar y la gran luminosidad que se registra de manera permanente en el Departamento de La Guajira, lleva a plantear la necesidad de diseñar una planta desalinizadora por medio de osmosis inversa, que utiliza energía fotovoltaica para transformar el agua de los pozos profundos en potable, dulce y usarla en el consumo humano, cría de animales y en riego de cultivos tradicionales que realizan las comunidades wayuu.

En los dos últimos años se podrían contabilizar unos \$50.000 millones destinados a la construcción de pozos, reservorios, molinos y hasta proyectos de desalinización con tecnología de punta. Sin embargo, los indígenas se siguen quejando por la falta de agua, la cual no llega aún a muchas rancherías. Estas inversiones han sido anunciadas y ejecutadas por diferentes entidades, tanto del gobierno nacional, como departamental y municipal (Guerrero, 2018).

El anuncio más reciente fue el del ministro de Agricultura, Juan Guillermo Zuluaga, quien estuvo en este municipio de la Alta Guajira para oficializar un proyecto, a través del cual se construirán 37 pozos con una inversión de \$14.000 millones, en diez municipios de La Guajira y varios de ellos estarán ubicados en Manaure a través de un contrato interadministrativo entre la Agencia de Desarrollo Rural y Findeter (Guerrero, 2018).

La comunidad de Poromana, se encuentra ubicada en el kilómetro 12, en la vía que conduce de Riohacha a Maicao, está compuesta por una población de 65 familia para un total de 325 habitantes, cercana al corregimiento de La Gloria, Municipio de Manaure y sus habitantes pertenecen a la etnia wayuu, tribu nativa del Departamento de La Guajira y que se ha adaptado a las condiciones del desierto; desarrolla en el territorio las actividades de cría de ganado caprino y ovino, pesca, elaboración de artesanías, cultivos de especies nativas como yuca, maíz, frijol, sandía, melón, entre otras, pero solo de manera temporal, es decir cuando hay época de lluvias, con semillas que se reproducen en un tiempo de cuarenta días.

La realidad es que la comunidad viene presentando una intensa escasez del preciado líquido, muy a pesar de encontrarse a corta distancia del mar Caribe, en el norte de

Colombia, se debe abastecer de agua de dos pozos artesianos que fueron construidos en la década de los años 50, siendo presidente de la República, Gustavo Rojas Pinilla. La producción de agua de muy mala calidad, conteniendo estos, altos niveles de salinidad; situación que afecta a todo el grupo comunitario, especialmente a niños, adultos mayores y mujeres gestantes que al hacer uso de este tipo de agua sufren múltiples enfermedades como diarrea, dengue hemorrágico, cólera y otras enfermedades gastrointestinales, producto del consumo de aguas no aptas para consumo humano.

Teniendo en cuenta estas carencias se ha establecido como objetivo el diseñar una planta desaladora de agua por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica en la comunidad para suministrarle agua de calidad que sirva, no solo para su consumo humano sino que tenga aplicación en la realización de cultivos tradicionales en todas las estaciones del año, sino en el abrevadero de las cabras y ovejas que crían de manera permanente en la comunidad y las cuales sirven de sustento y negocio para comercializarlos no solo en el mercado local sino en el vecino país de Venezuela.

Según lo expresa Ortega (2001), *“El agua, como recurso natural, es un compuesto químico muy abundante en la naturaleza, y, salvo por su desigual distribución en la superficie terrestre, no presenta problemas de escasez en cuanto a recurso globalmente considerado. Sin embargo, a la hora de considerar el agua como recurso directamente utilizable para las diversas facetas de la “actividad humana”, esta “abundancia” se convierte en déficit”* (Ortega, 2001, pág. 1). Continúa Ortega (2001), manifestando que *“la actividad del hombre está contribuyendo que la disponibilidad del agua se encuentre disminuida, convirtiendo el preciado líquido en un valor económico de valor creciente”*

Para el mismo autor *el agua se encuentra ocupando las $\frac{3}{4}$ partes del planeta, el 97% del agua disponible está en océanos y mares. El 3% adicional se considera disponible para el consumo humano. Y solo el 13% de ese 3% sobrante se tiene como disponible* (Ortega, 2001, pág. 1).

Cuando el autor se refiere a la disponibilidad de un 3%, este porcentaje corresponde a la porción de agua dulce aprovechable en el globo terráqueo y el restante porcentaje (97%) se concentra en las aguas de mar y espacios de aguas salobres a nivel mundial. Precisamente este es el caso de la comunidad de Poromana, que solo se abastece de agua de pozo artesiano, con un alto grado de salinidad, influenciado este por la cercanía del

terreno con el Mar Caribe; presentando la población altas necesidades del preciado líquido y teniendo problemas de salud, especialmente enfermedades gastrointestinales.

Según el Servicio Geológico Colombiano, para *el área de la Media Guajira, se presentan valores de salinidad en el rango de 0.089 hasta valores atípicos de 59.8 psu (Practical Salinity Units) con un valor promedio de 1.785 psu. Los valores más altos, ubicados en captaciones sobre la llanura aluvial del río Ranchería. Con respecto a la clasificación de la salinidad del agua de los puntos inventariados en la Media Guajira, la mayoría de los puntos se encuentran en el rango de salobre (Servicio Geológico Colombiano, 2019), por lo que requiere de la aplicación de la osmosis inversa, por ser el método más adecuado para desalinizar el agua de pozos profundos, que presentan altos contenidos de sal.*

Ortega (2001) explica que, *si dos fluidos, de distinta densidad, se encuentra separados por una membrana semipermeable existe una diferencia de presión entre ambos, y el líquido menos denso tiene a pasar a través de la membrana hasta equilibrar dicha presión. Este fenómeno se conoce como ósmosis. Al realizar esta tendencia de manera contraria a lo descrito anteriormente, es lo que se conoce como ósmosis inversa.* Esto es lo referente a la osmosis inversa, que es un método de desalación muy utilizado por su coherencia con el medio ambiente y la naturaleza.

Adicional a este proceso técnico, se dan otros procedimientos de nuevas tecnologías, ya que según lo expuesto por *científicos de la Universidad de Rice en Houston, Texas, se ha desarrollado una nueva técnica empleando nanomateriales, es decir elementos de tamaño sumamente reducidos que se encargan de disminuir significativamente el consumo a la hora de hervir el agua, sino que se puede hacer directamente usando tan sólo energía solar y descartando la energía convencional gracias a su diseño modular (ADL ZONE, 2017).* Esta nueva técnica puede ser un buen referente para las zonas de escaso recurso hídrico en el Departamento de La Guajira y especialmente en la zona alta

Según los investigadores *al usar este método, el agua fría y caliente están separadas por una fina membrana. Por medio del vapor se hace pasar agua por la membrana del lado frío al caliente, eliminando en el proceso la sal. Este proceso usa menos cantidad de energía que la destilación normal, pues solo se necesita que el agua esté caliente sin que tenga*

que hervir (ADL ZONE, 2017). Esta tecnología puede ser una de las plantas que pueden implementarse y llevar el agua dulce a estas comunidades que vienen padeciendo escasez y afectaciones en su calidad de vida

Por su parte el Massachusetts Institute of Technology (MIT), junto a Jain Irrigation Systems, *han creado un proyecto que utiliza paneles solares para cargar un banco de baterías. Estas suministran la energía necesaria para impulsar un sistema que elimina la sal del agua a través de electrodiálisis. Además de la eliminación de la sal que hace que el agua sirva para los cultivos y para beber* (El Periódico de la Energía, 2015). Teniendo como aspecto positivo la disponibilidad de terrenos en la comunidad wayuu, es importante aprovechar que ella hace parte de un Resguardo Indígena Wayuu desde 1984 y teniendo en cuenta que la misma viene siendo azotada por la falta de agua y alimentos, el diseño de la planta es una adecuada solución.

Se considera que allí está la mayor aportación del presente trabajo investigativo. Otro factor que debe aprovecharse es la existencia del Internado Indígena de Aremasain, para iniciar la capacitación de los mismos indígenas para que sean ellos quienes administren y manejen con eficiencia los equipos a la vez que puedan realizar el mantenimiento preventivo y correctivos de los mismos.

Como pregunta de investigación se hace fundamental la siguiente: Analizando toda la serie de necesidades, ¿Qué tan necesaria es el proyecto de implementar una planta desaladora por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica, en la comunidad Poromana, para su posterior uso en cultivos tradicionales, consumo humano y de animales?

1.1.1 Justificación

Desde un punto de vista práctico el trabajo investigativo se lleva a cabo con el objetivo de diseñar una planta desalinizadora del agua de mar y su uso en cultivos tradicionales, para consumo humano y cría de animales en la comunidad de Poromana y de paso combatir la crisis alimentaria en la comunidad. Este es la justificación más importante, porque en realidad las estadísticas en el departamento de La Guajira, sobre la escasez de agua y de muertes de los niños y mujeres gestantes, así como de adultos por consumir agua no potable es la más alta del país.

Desde el punto de vista social esta investigación es necesaria, puesto que se concibe, como una herramienta para la búsqueda del mejoramiento de la situación alimentaria en los niños, mujeres gestantes y en los adultos mayores. Busca proveer los elementos propios que la naturaleza ofrece para contribuir a mejorar las condiciones nutricionales de la población wayuu en el sector analizado. Sobre todo, va a generar toda una serie de beneficios sobre estas comunidades carentes de los servicios fundamentales para mejorar su calidad de vida teniendo en cuenta que estas no son atendidas adecuadamente por el Estado.

Teóricamente, busca implementar las distintas teorías de los más prestigiosos investigadores, quienes con sus conocimientos e investigaciones aportan técnicas conducentes al mejoramiento de la calidad de vida de sus semejantes. Además, se espera que esta investigación produzca aportes que sirvan como bases científicas para la construcción de nuevas investigaciones sobre las consecuencias de los altos niveles de desnutrición en la primera etnia del departamento y los métodos científicos que ayuden a proveer de agua potable a la población wayuu.

Metodológicamente permitirá poner en práctica los pasos del proceso científico de la investigación, tomando como base las técnicas que facilita el análisis del proceso como son: la observación, que genera una visión correcta de la realidad descrita y la entrevista que, a través de su experiencia, se obtiene la información necesaria. En este aspecto se cuenta con las manifestaciones expresadas por las autoridades tradicionales y la comunidad misma. También servirá como modelo y guía a otras investigaciones realizadas por profesionales.

1.1.2 Objetivos

A. Objetivo general

Diseño de planta desalinizadora de agua de pozo subterráneo, por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica en la comunidad de Poromana, municipio de Manaure, La Guajira, Colombia.

B. Objetivos específicos

- Determinar cuál es el modelo de planta desalinizadora apropiada para la zona, según sus características físicas y climáticas.
- Especificar las necesidades de capacitación para la población en el manejo de las celdas fotovoltaica y su mantenimiento.
- Cuantificar el número de celdas fotovoltaicas que deben instalarse en la comunidad de Poromana para la captación de la energía solar y funcionamiento de la planta desalinizadora en la comunidad, según la población, cultivos y cría de animales.
- Precisar el tamaño óptimo de la planta desalinizadora, de acuerdo con las necesidades de la población de Poromana, en el municipio de Manauere.

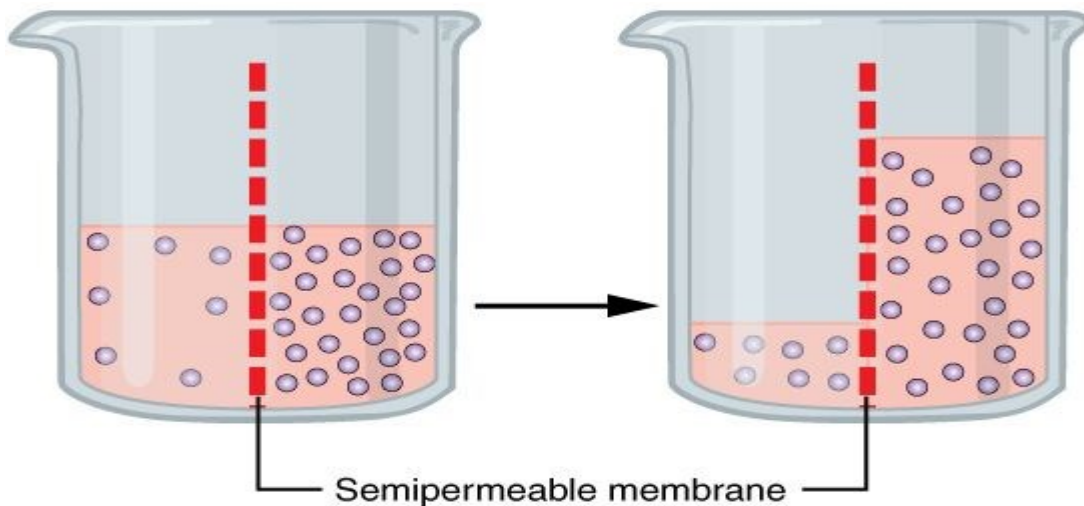
2. Marco teórico

El marco teórico es el conjunto de teorías y conceptos que dan el soporte a la investigación y circunscribe todo el andamiaje contextual a una realidad específica, es decir centra su eje de acción en las variables descritas en el planteamiento del problema y en los objetivos que este persigue. En otras palabras, puede definirse este marco como las consideraciones teóricas en las que se sustenta un proyecto.

2.1 Osmosis

La ósmosis es el fenómeno que se produce cuando dos medios con diferente concentración son aislados por un revestimiento semipermeable y el solvente impulsa a través de la membrana del líquido de menor al de mayor concentración hasta igualar las concentraciones. Este proceso se genera de manera directa sin consumo de energía (Costa, 2019).

Figura 1. Osmosis



Fuente: Costa, 2019. <https://cienciaybiologia.com/osmosis/>

De acuerdo con el anterior autor, *la ósmosis es el mecanismo donde el agua pasa a través de una membrana semipermeable, desde una solución de baja concentración a una más alta.*

En otras palabras, si se tiene dos disoluciones de agua y sal separadas por una membrana semipermeable el agua de menor tenor se moverá a la de mayor concentrado, sin gastar energía.

En relación con la cantidad de solvente y soluto, estos medios pueden clasificarse en:

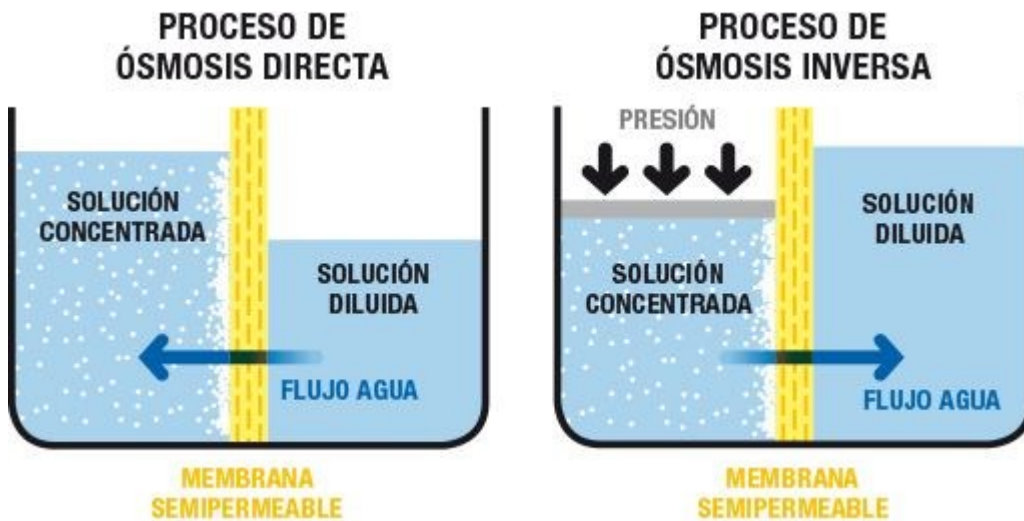
- **Hipotónicos:** *cuando la concentración de sal es menor que la del agua.*
- **Hipertónico:** *si el tenor de la sal es mayor con relación a la del agua.*
- **Isotónico:** *cuando ambos medios tienen la misma concentración.*

La presión del agua ejercida sobre la parte de la membrana donde hay menor concentración, hasta el lugar donde la concentración es mayor se llama presión osmótica. (Costa, 2019). La ósmosis es un proceso natural y es empleado por los organismos vivos para llevar a cabo una serie de actividades metabólicas

2.1.1 Osmosis inversa

Si dos líquidos de diferentes concentraciones, separados por un tegumento semipermeable, existe una presión distinta entre los líquidos, ocurre que el líquido menos denso y el fluido menos denso tiende a pasar a través de la membrana hasta equilibrar dicha presión. Esto es lo que se llama ósmosis. Para el sector industrial este fenómeno se produce de manera contraria y es lo que se conoce como ósmosis inversa (Ortega, 2001). Este es lo referente a osmosis inversa, que es un método de desalación muy utilizado por su coherencia con el medio ambiente y la naturaleza. Es el método de desalación que puede aplicarse con tranquilidad en el medio del departamento de La Guajira, pues al ser el que menos afecta al medio ambiente, tiene aceptación en el frágil ecosistema del territorio de Poromana.

Figura 2. Osmosis directa e Inversa



Fuente: Costa, 2019. <https://cienciaybiologia.com/osmosis/>

La ósmosis inversa tiene multiplicidad de usos como la desalación de aguas de mar, aguas de desecho industrial, aguas de alcantarilla, en la industria láctea, en la industria vinícola de pozos y corrientes subterráneas. También se emplea para la elaboración cerveza de bajo contenido alcohólico. (Ortega, 2001).

2.2 Desalinización

Un paso para dispersar el agua o sal, a partir de agua salada, es un proceso donde se utiliza calor y presión con adición de energía. La desalinización es calificada como un proceso reversible, es decir que, así como se separa el soluto y el solvente, se pueden volver a unir, pues los ingresos y egresos del líquido están en similares condiciones de presión y temperatura, a pesar del calor y/o trabajo aplicados. (Claudio, 2018). En pocas palabras, separar el agua de la sal es lo comúnmente se llama desalación y permite hacer uso de acuíferos superficiales y subterráneos.

Para desalar el agua y extraer los sólidos disueltos de 3500 mg/l, requiere un mínimo 0.7 kWh/m³, suponiendo una reversibilidad termodinámica completa. En la práctica, los procesos de desalinización, no son tan reversibles como se cree. Pues al aplicar calor y presión, pues de salida, se logra un líquido con distinta presión y temperatura, en relación

con el flujo de entrada. En este caso las tecnologías las más eficientes de desalación, requieren el equivalente a 4-5 kWh/m³. (Claudio, 2018).

2.2.1 Captación de agua

Este procedimiento consiste en recoger y almacenar agua que se origina en diferentes fuentes para ser utilizada en beneficio de las personas, animales o cultivos. Los métodos más usuales para la captación de aguas subterráneas, se usan los métodos los siguientes:

A. Zanjas y drenes

B. Galerías de agua

C. Pozos y Sondeos

D. Sondeos no verticales

E. Pozos híbridos (Vega, 2006).

Como se puede observar, existe una variedad de métodos para obtener aguas de origen subterráneo, pero para el caso que se investiga, se trata de agua extraída de pozos profundos en la comunidad de Promana, en el Municipio de Manaure.

Las fases, para desalar el agua son las siguiente:

Primera: Captación

Contempla los siguientes elementos:

-Pozos/Sondeos verticales: Son conductos realizados con equipos especializados para llegar hasta los acuíferos ubicados a determinadas profundidades de la tierra con el fin de permitir el acceso a ellos y usarlos en actividades en el consumo humano, cultivos o usos agropecuarios. Este sistema es utilizado a campo abierto, donde los flujos de aguas superficiales son pocos o nulos.

-Drenes horizontales: Los drenes horizontales consisten de tubos de PVC, recubiertos con tela sintética, ranurados o con agujeros circulares a determinadas distancias; estos tubos se introducen en perforaciones practicadas en el terreno con pendiente y longitud establecidas en el diseño (Erosion.com, 1997).

-Tomas mixtas: *Son alternativas o combinaciones técnicas que se utilizan para la recolección de agua. Entre ella se pueden citar sondeos verticales, perforaciones horizontales dirigidas (PHD), túneles paralelos a la costa con taladros laterales, zanjas drenantes.* (Pulido-Bosch & Rodríguez, 2007)

Según el Ministerio de Sanidad y Política Social de España (2009), se distinguen dos procedimientos básicos de captación:

- *Captación cerrada (pozos profundos, pozos playeros, drenes horizontales, cántaras).*
- *Captación abierta (captación superficial, torres sumergidas, escollera)*

La primera captación se refiere a la investigación que se adelanta y corresponde precisamente a pozos profundos, los cuales fueron construidos en la administración del General Gustavo Rojas Pinilla en la década de los años 50, administrados por la empresa PROAGUAS, con sede en el municipio de Uribia y que, al ser desmantelada, quedaron los pozos sin el debido mantenimiento ni con el personal necesario para llevar a cabo esa labor. La captación abierta está dirigida a la recepción del preciado líquido mediante la utilización de recursos hídricos superficiales como escorrentías, arroyos, manantiales, ojos de agua y jagüeyes. Es importante aclarar que la captación de tipo abierto es mucho más económica, porque la inversión es muy poca.

Segunda: Pre-tratamiento

Luego que el agua se encuentra en la planta desaladora, hay que aplicar un tratamiento previo que comprende diferenciados procesos físicos y químicos según la calidad del agua. Por lo general se aplica un coagulante que congrega a los flocos o partículas, que luego son eliminadas en el filtro. Luego se hace un proceso de desinfección. (AEDyR, 2019).

Luego, el agua pasa a distintas presiones por una serie de filtración y ultrafiltración donde se elimina el material en suspensión. Luego el agua es sometida bajo condiciones fisicoquímicas adecuadas y pasa a las membranas semipermeables. Las cuales son muy sensibles a las variaciones en la calidad del agua, las temperaturas, por lo que el diseño de este sistema de tratamiento previo es clave para su funcionamiento de la planta desaladora. (AEDyR, 2019).

Este pretratamiento es necesario pues en él se logra eliminar los elementos que pueden afectar el correcto funcionamiento de la planta y sus accesorios y para cumplir con ese requisito y los procesos con membranas se debe evitar:

- Sólidos que bloqueen y ensucien las membranas
- Degradación de las membranas por oxidación, o alguna otra forma.
- Algunos organismos biológicos que pueden deteriorar las membranas (sites.google.com, 2020)

El pretratamiento es importante en el funcionamiento de la puesta en marcha de la planta Osmosis Inversa o cualquier otro tipo que utilice membranas. Los equipos utilizados son costosos e incrementan los costos de instalación y operación. Por lo tanto se debe evitar que las membranas con metales como el hierro, magnesio, sulfuro de hidrógeno, sólidos en suspensión, material biológico y bacterias (sites.google.com, 2020).

Tercera fase: Membranas

Tras el paso del agua por las membranas se obtienen dos corrientes diferentes: una de agua desalada y otra de salmuera, que es la misma agua de entrada con una mayor concentración de sales, al estar éstas diluidas en menor cantidad de agua. (AEDyR, 2019).

Adicional a este proceso se debe buscar mecanismos de utilizar estas salmueras para la producción de sal comestible o de uso industrial, pues al verterla en el ambiente o en acuíferos, de cualquier tipo puede afectar el medio biótico.

Las membranas se ensucian muy fácilmente con la operación continuada y necesita un pretratamiento intensivo, que comprende entre otros:

- Clorado para reducir los desechos orgánicos del agua.
- Filtración con arena para reducir la turbidez.
- Acidificación para reducir el pH y limitar la formación de costras.
- Inhibición con poli fosfatos para que no se forme sulfatos de calcio y bario.
- Declorado para eliminar el cloro sobrante.
- Cartuchos para filtrado de partículas de hierro (sites.google.com, 2020).

La clasificación de las membranas se da bajo dos criterios: según la naturaleza y según su estructura. Dentro del criterio de la naturaleza, se encuentra membranas biológicas, no biológicas) y sintéticas, dentro de ellas se encuentra inorgánicas (metálicas o cerámicas), poliméricas, líquidas (de volumen, emulsión) y compuestas (por capas, por inclusión o por

mezcla de polímeros) (AEDyR, 2020). Como se puede analizar es muy amplio el compendio de membranas utilizadas para el proceso de desalación de agua salobre.

De acuerdo a su estructura se encuentran las siguientes

- **Membranas porosas (o micro porosas):** *Estructuras porosas con una estrecha distribución de tamaño de poros. Las membranas que se encuadran en este grupo tienen una de distribución de diámetros de poro de 0.001mm – 10mm. Se basan en impedir por exclusión el paso a través de la membrana de aquellos contaminantes de mayor tamaño que el mayor diámetro de poro de la membrana, siendo parcialmente rechazadas aquellas sustancias cuyo tamaño está comprendido entre el mayor y el menor de los diámetros del poro* (Condorchem Envitech, 2019). Su función es la llevar el agua a un estado de filtración y ultrafiltración, buscando con ello la máxima eliminación de residuos que puedan afectar la salud de los consumidores del líquido.

- **Membranas densas no porosas**

Están formadas por una película densa a través de la que las sustancias permeantes son transportadas por difusión bajo un gradiente de presión, concentración o eléctrico. La separación de los diversos componentes de una mezcla depende de su velocidad de transporte relativa dentro de la membrana. (Aguas residuales.info, 2020)

- **Membranas simétricas (o isotrópicas):** *Su sección transversal ofrece una estructura porosa uniforme a lo largo de todo su espesor, no existiendo zonas de mayor densidad en una o ambas caras de la membrana. Las membranas simétricas presentan una elevada permeabilidad al solvente y un bajo rechazo de sales.* (Wateractionplan.com, 2015). En este tipo de membrana, los poros o intersticios tienen la misma dimensión, por lo tanto, aquellos elementos que sean de menor tamaño, pueden permear la membrana, por lo que se hace necesario de disponer de otras de menor tamaño.

- **Membranas asimétricas (o anisotropías):** *Están constituidas por una delgada capa, denominada comúnmente piel, donde reside la capacidad selectiva, sobre un sustrato más grueso, muy poroso, que actúa de soporte. A su vez, y dependiendo del proceso de obtención, dicha piel o capa activa, puede tener estructura micro porosa, o por el contrario, no porosa, densa.* (Hernández, Tejerina, Arribas, Martínez, & Martínez, 1990).

Con estas membranas asimétricas es posible conseguir espesores de inferiores a 200 μm , que son las medidas de las membranas convencionales y con ellas se obtienen mayores flujos de agua, situación que puede beneficiar a la producción más extensa del líquido y su tratamiento.

Cuarta fase: Post-tratamiento

Dado que el sistema de osmosis inversa tiene gran capacidad de eliminación, el agua producto no es apta para el consumo humano, ya que sólo queda un poco de cloruro sódico disuelto. Por este motivo es necesario añadir al agua determinadas sustancias mediante un proceso de remineralización. Los requisitos a cumplir para que un agua sea considerada apta para el consumo humano en Chile vienen en la conocida como “Norma NCH 409/1” también llamada “Norma de calidad del agua potable”, esta norma se comenzó a aplicar en el 2006 y sigue vigente. Los parámetros que se deben tener en cuenta para una correcta remineralización en una instalación desalinizadora son: Boro < 1.0 mg/l, Trihalometanos \leq 1 mg/l, Sólidos disueltos (STD) \leq 1500 mg/l, pH comprendido entre 6.5 y 8.5, Sodio < 200 mg/l, Conductividad < 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Cloruros \leq 400, Índice de Langelier (LSI) o carácter incrustante del agua \pm 0.5. (Colomina, 2016) Cuando el agua desalinizada se utilizada para consumo humano, el pos tratamiento incluye procesos tales como:

Aireación y mineralización: *La aireación es un método para purificar el agua. Mediante un proceso por el cual se lleva al agua a un contacto íntimo con el aire. Con esto se logra aumentar el contenido de oxígeno (Valera, Campanini, & Chirinos, 2012).*

Estabilización: *La estabilización se encarga de que la calidad se mantenga constante en el suministro y almacenamiento del agua. (ProMinent, 2020)*

Desinfección: *Consiste en la eliminación de agentes patógenos como bacterias y elementos contaminantes que pueden alterar la calidad del agua para consumo humano*

2.3 Energía fotovoltaica

Esta clase de energía transforma la radiación solar en electricidad. Convierte de forma directa la luz solar en electricidad, para ello utiliza una tecnología que se basa en el efecto fotovoltaico. Esta transformación se realiza en los paneles solares. Los módulos están compuestos de unas fotocélulas con unos materiales semiconductores. Los

materiales más habituales son compuestos de silicio. Sus aplicaciones La principal aplicación es la producción de electricidad a partir de la radiación solar (Planas, 2020).

Los sistemas fotovoltaicos vienen en una variedad de diseños y tamaños y se pueden establecer sobre casas, edificios, estructuras de hormigón y cemento, así como en la superficie del mar y otras construcciones que permita su anclaje a cualquier superficie donde el sol pueda reflejarse.

Según Planas (2020). Los principales usos de esta tecnología son las siguientes:

- *Sistemas integrados en tejados y edificios.*
- *Colector solar fotovoltaico híbrido. La luz solar pasa a energía térmica y eléctrica.*
- *Concentrador fotovoltaico. Usan lentes y espejos curvos para enfocar la luz solar en células solares pequeñas.*
- *Electrificación rural.*
- *Centrales eléctricas.*
- *Solar flotante. Ubicada en áreas acuáticas.*
- *Sistemas independientes. Uso en calculadoras solares.*
- *En transporte.*
- *Telecomunicaciones y señalización.*
- *Aplicaciones de naves espaciales.*

Baterías solares: *tienen como función la de acumular la energía producida por los paneles fotovoltaicos durante las horas de sol para poderla utilizar en la noche o en días nublados. Su uso suministra una intensidad de corriente superior a la de un panel en funcionamiento. Este sería el caso si se utilizaran varios aparatos eléctricos en un mismo instante (Solar Energía.net, 2017). Pueden identificarse como acumuladores de la energía lumínica para su uso posterior en labores domésticas, comerciales e industriales y son diseñadas teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada actividad a realizar*

Hay dos clases de baterías según su ciclo:

Baterías monoblock: *Las baterías Monoblock están destinadas a pequeñas instalaciones solares y donde se busque una relación calidad-precio equilibrada. Al tener evaporación de*

gases, las baterías monoblock necesitan mantenimiento anual del nivel de electrolito y no pueden ser instaladas en caravanas, ni en lugares cerrados sin ventilación. (Tecnosolab.com, 2019). Este tipo de baterías también se conocen como de bajo consumo en instalaciones domésticas. Se llaman monoblock porque trae incorporada en un solo bloque todos sus componentes, con dos terminales: uno positivo y otro negativo.

Baterías de ciclo profundo: *no soportan bien unas descargas mayores del 20% y se suele producir la descarga rápidamente, en poco tiempo. Suelen tener una vida de 500-100 ciclos. De este tipo son las de arranque de los coches o motos. Las de los coches dura muy poco el ciclo (el arranque) y es poco profundo para que dure muchos años.* (Rodríguez E. , 2020). Lo de ciclo profundo se refiere a que la descarga inicial es muy amplia, pero solo para el caso de necesidades inmediatas, tal como ocurre con la batería de los automóviles y posteriormente se recarga mediante un alternador de corriente.

Se clasifican de acuerdo a la técnica empleada en su manufactura:

Baterías de ácido-plomo para aplicaciones solares: *son las más utilizadas en las instalaciones solares, su elevada relación calidad-precio con esperanzas de vida de hasta 20 años y con precios muy competitivos, hacen de estas baterías las más aconsejables para uso fotovoltaico* (Monsolar.com, 2020). Tiene la ventaja de requerir un mínimo mantenimiento y al colocar en sus depósitos agua destilada puede funcionar adecuadamente. Tiene la cualidad de fallar tempranamente cuando no son recargadas completamente después de cada ciclo. Si se deja descargada por una larga temporada, puede sufrir una pérdida permanente de su eficiencia.

Baterías líquidas - electrolito líquido: *Es la de mayor uso por su larga duración, aunque el costo es elevado debido al alto costo del litio. La batería funciona a 350-430°C. Almacena la carga eléctrica con eficiencia del 70%. La descarga máxima es de 275 mA/cm². En 10 años retiene el 80% de su capacidad inicial. La energía se almacena en el electrolito y los componentes están separados por membranas-filtro de iones.* (Bolufer, 2016). Poseen un mecanismo que transporta los electrolitos con una baja potencia de impulso. Los electrodos generados prensan el líquido dentro del marco de la membrana donde los iones flotan, de esa manera producen energía.

Baterías AGM - Absortion Glass Mat: *AGM.- (Absorved Glass Mat -fibra de vidrio absorbente-), son baterías totalmente herméticas, libres de mantenimiento;. El electrólito se*

encuentra absorbido en finas esferas de fibra de vidrio, de manera que nunca fluye de un lado a otro. Presenta las siguientes ventajas: doble de vida útil a las de gel; no es afectada por profundas descargas y procesos de carga rápida; no requiere agua (bmasdigita.com, 2020). Debido a que los iones se mueven rápidamente, permite que la carga y descarga de corriente se más efectiva. La tensión de carga es muy baja y no requiere cargadores especiales.

VRLA.- (Valve Regulated Lead Acid Battery -baterías de plomo-ácido con válvulas de regulación), es una batería hermética; resistentes a los escapes excepcionales y se pueden utilizar en todas las aplicaciones. Las baterías AGM/VRLA. Por ser de tecnología sellada, no producen emanaciones de gases corrosivos, eliminando la posibilidad de nieblas ácidas y/o concentraciones de hidrógeno, haciéndolas óptimas en los equipos electrónicos.

Paneles solares: *Un panel solar es una estructura de aluminio formada por células solares compuestas de silicio, en las cuales, mediante el efecto fotovoltaico, se convierte la radiación recibida del sol en energía eléctrica (damia solar.com, 2018). El uso del silicio en este tipo de dispositivos obedece a que maximiza la captación de la radiación solar, lo cual permite un mejor desempeño energético en los equipos de desalación.*

Estos dispositivos han venido creando todo un andamiaje de favoritismo debido a que no generan daño al medio ambiente, no contaminan ni afectan la salud de los seres vivos como lo hace la energía producida por los combustibles fósiles. Su uso se está intensificando por lo económicos y versátiles, incluso pueden captar energía en las noches y en días nublados.

Las clases de celdas fotovoltaicas más usuales son:

El silicio monocristalino: *El silicio monocristalino también se utiliza para dispositivos fotovoltaicos (PV) de alto rendimiento. Dado que existen demandas menos estrictas sobre las imperfecciones estructurales en comparación con las aplicaciones de microelectrónica, el silicio de calidad solar de menor calidad (Sog-Si) se utiliza a menudo para las células solares. A pesar de esto, la industria fotovoltaica de silicio monocristalino se ha beneficiado enormemente del desarrollo de métodos más rápidos de producción de mono-Si para la industria electrónica (hisour.com, 2020).*

El silicio policristalino: *Los paneles solares formados por células de silicio policristalino, están fundamentados en la unión de varios cristales de silicio. Las células de silicio policristalino que forman el panel solar, se consiguen enfriando artificialmente el material de silicio fundido. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas. Todo este proceso se realiza con el silicio en bloque, que luego es cortado en placas para formar las células que aparecen en los módulos fotovoltaicos de tecnología policristalino (InnovaQR, 2018). Lo que especifica esta tecnología es que se unen varios módulos o cristales, lo que le da más consistencia y mayor poder de absorción de la energía solar.*

Silicio amorfo depositado por fase de vapor: *Las películas de silicio dopadas se utilizan en semiconductores y son a menudo depositadas por una técnica de evaporación PVD muy sofisticada llamada epitaxia por haces moleculares – molecular beam epitaxy (MBE)- o por la técnica de la baja presión CVD de epitaxia en fase de vapor – vapor phase epitaxy (VPE). El silicio amorfo para celdas solares es depositada por PECV sobre redes de material y sustratos rígidos (Mattox & Sequeda, 2019). Es un proceso químico empleado en la producción de láminas con un alto rendimiento en su actividad, para este caso los materiales sólidos. El procedimiento es empleado en la industria de semiconductores para producir películas delgadas, las cuales son expuestas a gases volátiles para producir un efecto específico.*

CIS: *Son celdas elaboradas por superposición de capas delgadas de distintos materiales, en este caso las capas son de cobre, indio y selenio. Tienen un Rendimiento máximo del 18%. Se usan para estructuras de película muy delgada (**Thin film**), ya que se fabrica por deposición de vapor. La desventaja es que el selenio es un elemento tóxico. (Click Renovables, 2016)*

Células foto electroquímicas: *Una célula fotoelectroquímica, es un dispositivo que permite la generación de manera simultánea o independiente tanto de energía eléctrica como de una sustancia química de interés, mediante una reacción electroquímica inducida por un efecto fotoeléctrico (Wikipedia.org, 2018).*

Célula fotovoltaica híbrida: *Este tipo de célula puede producir electricidad cuando llueva o truene, utilizando el efecto triboeléctrico para extraer energía del movimiento de las gotas*

de lluvia en su superficie (Energialis.com, 2018). El efecto triboeléctrico es un tipo de electricidad producido por el contacto de dos materiales.

Celda fotovoltaica concentrada: *Este tipo de celdas concentra la luz solar que recibe el panel, a través de elementos económicos como espejos y lentes, en uno o varios espacios reducidos dentro del panel, que serán en los que se disponga el material fotovoltaico. Con ello se consigue emplear una mucho menor cantidad de material fotovoltaico y reducir los costes de forma importante. El material fotovoltaico transforma parte de la energía contenida en los fotones de la luz solar en impulsos eléctricos* (Sitiosolar.com, 2013). Aún se encuentra en fase de experimentación en laboratorios, con ensayos muy positivos, pues hasta el momento los proyectos instalados en el mundo no alcanzan las cifras de un megavatio.

Silicio monocristalino: *El silicio es el material base de la industria electrónica y está compuesto de silicio en el que la estructura cristalina de la totalidad del sólido es continua, ininterrumpida a sus bordes. Se puede preparar de manera pura o combinado con pequeñas cantidades de otros elementos añadidos para cambiar de una manera controlada sus propiedades semiconductoras* (Wikipedia.org, 2019).

Módulo fotovoltaico con silicio policristalino: *Los paneles solares formados por células de silicio policristalino, están fundamentados en células formadas mediante la unión de varios cristales de silicio.* (InnovaQR, 2018). Se llama policristalino porque está compuesto por varias partículas de silicio cristalizadas. Su desventaja es su menor eficiencia de conversión de los rayos solares y bajo costo.

Se considera que allí está la mayor aportación del presente trabajo investigativo. Otro factor que debe aprovecharse es la existencia de Internado Indígena de Aremasain, para iniciar la capacitación de los mismos estudiantes para que sean ellos quienes administren y manejen con eficiencia los equipos a la vez que puedan realizar el mantenimiento preventivo y correctivos de los mismos.

Inversores de corriente: *Este dispositivo es el que convierte la electricidad generada por los paneles solares en la electricidad de corriente alterna (AC).* (Celsia.com, s.f.)

Los convertidores de corriente continua/corriente alterna (inversores, onduladores) permiten convertir los 12, 24, 48 voltios de corriente continua que producen los módulos solares y almacenados en la batería, en corriente alterna de 125 o 220 V (actualmente, 230 V), como el que se usa normalmente en lugares donde está la red eléctrica convencional. Estos inversores pueden ser de dos tipos: inversores monofásicos y trifásicos.

2.3.1 Beneficios de la energía fotovoltaica.

La energía solar posee unas ventajas enormes: es una fuente inagotable, es limpia y no contamina, lo que contribuye a la sostenibilidad, es generadora de empleo productivo a todos los niveles. Su uso puede ser a nivel rural o urbano, con la ventaja que puede ser distribuida a los usuarios por medio de las redes convencionales y a precios más bajos.

Por ello, es un sistema particularmente adecuado para zonas rurales o aisladas donde el tendido eléctrico no llega o es dificultosa o costosa su instalación o para zonas geográficas cuya climatología permite muchas horas de sol al año. El coste de instalación y mantenimiento de los módulos, cuya vida útil media es mayor a los 30 años, ha disminuido ostensiblemente en los últimos años, a medida que se desarrolla la tecnología fotovoltaica. Requiere de una inversión inicial y de pequeños gastos de operación, pero, una vez instalado el sistema fotovoltaico, el combustible es gratuito y de por vida.

Como pregunta de investigación se hace fundamental la siguiente: Analizando toda la serie de necesidades, ¿Qué tan necesaria es la implementación de una planta desaladora de agua de pozo, por medio de osmosis inversa, usando energía fotovoltaica, en la comunidad de Poromana, en el municipio de Manaure, y su empleo para potabilizar agua para sus pobladores?

3. Predimensionado-dimensionado de las Instalaciones y selección de alternativas

Para garantizar un óptimo funcionamiento en un sistema de desalinización por RO, unificado a un sistema de generación de energía solar fotovoltaica aislado y autónomo, este debe disponer de la realización de métodos donde se logre calcular el tamaño ideal de la instalación, es decir, la cantidad de paneles y sus configuraciones, la capacidad, cantidad

de baterías y de inversores de tal manera que funcionen con la mayor fiabilidad y al menor costo posible.

El método a seguir para el dimensionamiento de una instalación aislada tiene que ver con el hecho de que no está conectada a la red, por lo que cualquier fallo del sistema puede ser fatal para el consumidor. Por tanto, se necesita asegurar que los posibles fallos afecten lo mínimo posible y que la instalación sea fiable. El dimensionado de un sistema fotovoltaico autónomo es distinto a un sistema fotovoltaico normal. El último mencionado, se debe emplear para el diseño y dimensionado es conseguir que al analizar el rendimiento del sistema a lo largo de un año sea lo más alto, además que el aporte de energía por año del sistema sea el mayor posible, el porcentaje de fallo es mínimo lo que lleva a que sean menos relevantes caso contrario a lo que ocurre en los sistemas fotovoltaicos autónomos.

El juicio que se realiza en el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo es que tan confiable y seguro es para el correcto funcionamiento del sistema, por lo que al momento de dimensionar estos sistemas se deben diseñar buscando que el porcentaje de fallo sea el menor posible, respetando los márgenes establecidos según el tipo de sistema que sea.

Se usará un método simplificado, en el cual se emplean valores promedios mensuales de acuerdo a valores diarios e irradiación global de la carga. En este caso se tendrán en cuenta sólo los valores equivalentes al mes con menos favorabilidad en la relación carga/irradiación.

Para un buen dimensionado, se tiene en cuenta las siguientes pautas:

- Determinar estimación de consumo.
- Precisar la irradiación solar y ángulo de posicionamiento
- Dimensionamiento de paneles fotovoltaicos.
- Dimensionado de baterías
- Dimensionamiento del inversor

La energía diaria teórica requerida (carga diaria) es la sumatoria de la energía consumida por cada aparato de consumo, la cual se calcula multiplicando la potencia de cada elemento por el tiempo medio diario, de funcionamiento de cada uno. Normalmente es suficiente con

determinar el valor medio mensual del consumo diario, lo que equivale a suponer un valor de la carga diaria en Wh para cada mes. Se suelen separar los consumos en corriente continua de los consumos en corriente alterna, pues están afectados por factores de pérdidas distintos.

3.1 Determinar estimación de consumo.

Se realiza el estimando del consumo medio diario de la caseta de recolección, Los cuales diligenciamos en la siguiente tabla. Los datos necesarios para estimar este consumo son: la potencia unitaria de cada carga y las horas de funcionamiento aproximadas de cada una de ellas. De este modo, obtenemos el consumo energético de cada carga (Wh/día) sin más que multiplicar ambas cantidades.

Tabla 1. Estimación de consumo

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	HORAS x DÍA FUNCIONAMIENTO	CONSUMO TOTAL (WHxDÍA)
Moto bomba dosificadora	550	2	8	8.800
Planta osmosis inversa	1.100	1	8	8.800
Luminarias	20	5	8	800
TOTAL	1.670	8	24	18.400

Las eficiencias de la batería y del inversor influyen en el cálculo de la energía total necesaria. Si se tiene en cuenta el esquema básico de un sistema fotovoltaico aislado con cargas DC y AC. Para el caso solo se usa cargas en corriente alterna.

La energía consumida al día se determina con la siguiente ecuación:

$$E_{TAC} = \frac{E_{AC}}{(\eta_{Bat} * \eta_{Inv})}$$

$$E_{TAC} = \frac{18.400 \text{ Wh/dia}}{(0.95 * 0.95)}$$

$$E_{TAC} = 20.387 \text{ Wh/dia}$$

Esto contribuye a saber cuánto es la energía que realmente se requiere, en vez de necesitar 18.400 Wh x día se requieren 20.387.

3.2 Determinar la irradiación solar y ángulo de posicionamiento

Para obtener el valor del plano óptimo de inclinación para los paneles de la instalación aislada se hace obligatorio saber principalmente, la radiación solar incidente que tenga el lugar donde se va a instalar el sistema, sus valores medios mensuales. Estas cifras normalmente se dan con referencia a la superficie horizontal. Como se puede apreciar en la siguiente figura, correspondiente a la Estación del Aeropuerto Almirante Padilla de Riohacha. Esta serie de valores se ha tomado de la capital del departamento por ser la más cercana a la comunidad de Poromana

Tabla 2. Radiación solar en Riohacha

ESTACIÓN APTO. ALMIRANTE PADILLA (RIOHACHA)												
PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACIÓN (Wh/m ²)												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
2-3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3-4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-5	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5-6	0,3	0,2	0,5	4,3	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
6-7	22,0	27,6	60,8	82,2	104,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1
7-8	157,7	187,9	239,1	229,8	255,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	192,7
8-9	326,8	369,4	413,2	380,4	457,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	371,6
9-10	451,4	537,0	585,9	508,1	658,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	527,6
10-11	578,8	669,3	718,7	638,8	795,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	627,0
11-12	673,0	762,4	809,5	700,7	796,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	733,4
12-13	610,2	667,9	739,9	641,6	771,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	592,5
13-14	682,8	761,7	712,5	603,2	666,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	663,3
14-15	550,9	557,5	601,3	480,7	494,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	531,2
15-16	323,5	445,9	442,8	336,4	302,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	263,6
16-17	193,9	228,6	247,7	180,6	164,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	148,7
17-18	30,4	53,2	62,7	50,2	49,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5
18-19	0,0	0,1	0,1	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19-20	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21-22	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
22-23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
23-0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulada diaria	4601,7	5268,7	5634,6	4837,3	5524,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4700,3



Fuente: IDEAM, <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

La mayoría de los paneles solares fotovoltaicos están inclinados, con el fin de recolectar la mayoría irradiación sola posible, esto se logra cuando el modulo solar se encuentra inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de latitud, pero para evitar empozamientos se recomienda que tenga un ángulo de inclinación de por lo menos 15° con respecto a la

superficie horizontal y así cuando este la temporada de invierno las aguas drenen rápidamente y se auto laven los paneles.

Sabiendo que la cantidad de energía incidente en los paneles solares fotovoltaicos va a depender de la orientación que tengan con respecto al sol. En Colombia se tiene una posición geográfica predilecta debido a que está situada en zona ecuatorial y a que esta línea atraviesa el país por la parte austral, así el país queda en la zona intertropical, región de bajas latitudes; todo esto hace que disponga con irradiación permanente en la mayoría de la geografía nacional en la mayoría de los 365 días.

Tabla 3. Radiación solar en Colombia

Zona	Radiación solar (kW/m ² /año)
La Guajira	1980-2340
Costa	1260-2340
Atlantica	
Orinoquia	1440-2160
Amazonia	1440-1800
Andina	1080-1620
Costa pacifica	1080-1440

Fuente: UPME,2015

Este efecto puede durar hasta 12 horas al día lo que permite que una instalación fotovoltaica pueda ser más económica que en otros países. Aprovechando estas condiciones, los módulos fotovoltaicos deben orientarse de tal manera que las regiones de Colombia que están en el hemisferio norte tengan una inclinación no mayor de 15° con respecto a la superficie horizontal y orientados hacia el sur y para las regiones ubicadas en el hemisferio sur la inclinación no debería ser mayor de 12° con respecto a la superficie horizontal y orientados hacia el norte. En todo caso, se recomienda que la inclinación no sea menor de 10° con respecto a la superficie horizontal (Rodríguez, 2017).

Manaure es uno de los 15 municipios del departamento de La Guajira, ubicado al norte de Colombia, en las coordenadas 11°46'30" de latitud Norte, 72°26'40" de latitud Oeste. Como características climáticas se destacan sus temperaturas medias, generalmente varía de 24

°C a 31 °C y rara vez baja a menos de 23 °C o sube a más de 33 °C. Su economía está basada en la sal marina comercio, turismo y cría de caprinos y ovinos. (Wikipedia, 2020).

En la siguiente tabla se observan los valores de resplandor solar, promedio mensual en Manaure:

Tabla 4. Brillo solar medio mensual en Manaure

Media mensual de irradiación incidente (kw/m2/año)			
Ene	7,6	Jul	7,6
Feb	7,2	Ago.	8,0
Mar	7,0	Sep.	7,1
Abr	6,2	Oct	6,3
May	6,5	Nov	6,7
Jun	7,7	Dic	6,7
Promedio/año/día			7,05
Mínima (Diciembre)			6,5

Fuente: IDEAM, <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Para el dimensionado del sistema fotovoltaico se tomar como referencia el mes que tiene el valor más bajo de brillo solar mensual (abril), con el fin de garantizar la cobertura de la demanda durante todo el año.

La disposición de un generador fotovoltaico está definida mediante las siguientes direcciones:

Azimut (α): es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección sur. Su valor es de 0° si coincide con la orientación sur. Para un generador fotovoltaico localizado en el hemisferio norte, como nuestro caso, la orientación óptima sería para el sur (calculationsolar.com,2020), por lo tanto:

$$\alpha = 0^\circ$$

Inclinación (β): Es el ángulo que forma el panel con la superficie horizontal, tangente a la tierra en el punto. El mejor aprovechamiento se obtiene cuando la radiación incide perpendicularmente al panel. En sistemas fijos, el ángulo de inclinación óptimo a lo largo de todo el año (calculationsolar.com, 2020) está dado por la siguiente fórmula:

$$\beta_{optimo} = 3.7 + 0.69 * \theta$$

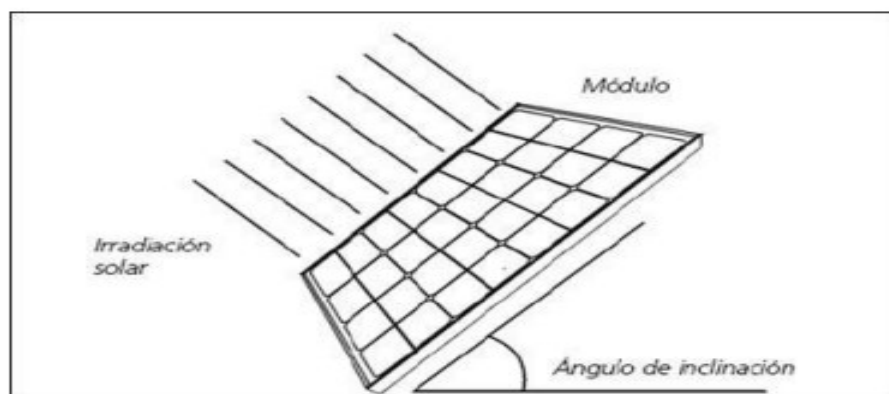
Sabiendo que

$$\theta = 12,91304$$

$$\beta_{optimo} = 3,7 + 0,69 * 12,91304$$

$$\beta_{optimo} = 12,61^\circ$$

Figura 3. Angulo de inclinación



Fuente: Arenas, O. 2009

Pérdidas por inclinación (FI): Estas pérdidas son debidas a la inclinación y orientación no óptimas y pueden ser calculadas de la siguiente forma (calculationsolar.com, 2020):

$$\beta_{\leq 15^\circ}; FI = 1 - [1,2^{10^{-4}} (\beta - \beta_{optimo})^2]$$

$$\beta_{\leq 15^\circ}; FI = 1 - [1,2^{10^{-4}} (10^\circ - 12,61^\circ)^2]$$

$$\beta_{\leq 15^\circ}; FI = 0,999$$

Radiación sobre una superficie inclinada G_{β} : el valor puede ser calculado partiendo de los valores medios mensuales de la irradiación global horizontal G_{α} , β_{optimo} y θ de la siguiente formula (calculationsolar.com, 2020):

$$G_{\beta} = \frac{G_{\alpha}}{1 - 4,46^{10^{-4}} * \beta_{optimo} - 1,2^{10^{-4}} * \beta_{optimo}^2}$$

$$G_{\beta} = 5,522 \frac{kWh}{m^2} / dia$$

$$HSP = \frac{5.522}{1000}$$

$$HSP = 5,522$$

Potencia pico mínima

$$P_{min} = \frac{E_{TAC} * G_{cem}}{G_{\beta} * PR}$$

$$P_{min} = \frac{33506 * 1000}{5,522 * 0,6}$$

$$P_{min} = 10.112 kWp$$

3.3 Dimensionamiento de paneles fotovoltaicos.

Tabla 5. Características principales del panel

PANEL JC255M-24/Bgs	
Potencia Máxima (Pmax)	255 w
Factor de pérdidas del sistema	0,75
Corriente de corto circuito (Isc)	8,86A
Voltaje nominal del panel (Vpp)	30,4v
Voltaje de circuito abierto (Voc)	37,5v
Corriente máxima pico (Imax)	8,39a
Voltaje de potencia máxima (Vmax)	30,4v

3.3.1 Número de paneles fotovoltaicos y configuraciones

El número de paneles fotovoltaicos se determina por la siguiente ecuación (Alonso, 2015):

$$\# \text{ de Paneles} = \frac{P_{min}}{P_{pp}}$$

Donde:

P_{min} : Energía total demandada (wh/día)

P_{pp} : Potencia pico del panel (W)

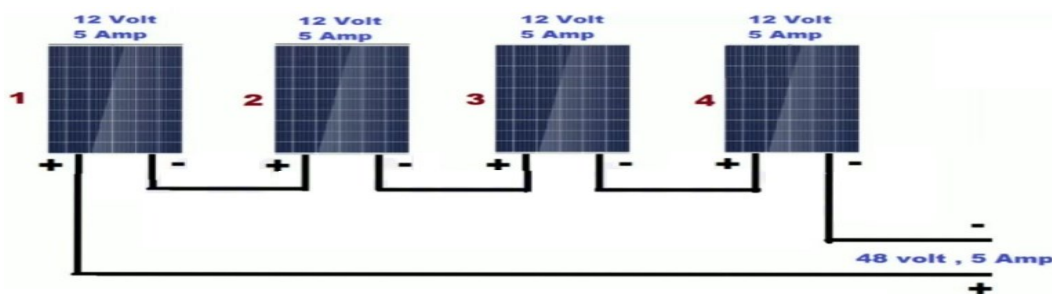
$$\# \text{ de Paneles} = \frac{2.300}{255}$$

$$\# \text{ de Paneles} = 9.01 \approx 9$$

3.3.2 Conexión de módulos fotovoltaicos en serie

Para este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuantos paneles sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada. La tensión generada será igual a la suma de cada una de las tensiones de cada panel que compone la rama (string), o, dicho de otro modo, se multiplica la tensión unitaria por el número de paneles de la rama, pues siempre se debe conectar paneles de las mismas características unos con otros (Alonso, 2015). Es importante tener presente esta recomendación, pues las especificaciones técnicas hay que tenerlas siempre en cuenta.

Figura 4. Conexión de módulos fotovoltaicos en serie



Fuente: Méndez, J. y Cuervo, R. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. FC Editorial: Madrid

$$Paneles\ en\ serie = \frac{V_{sistema}}{V_{pp}}$$

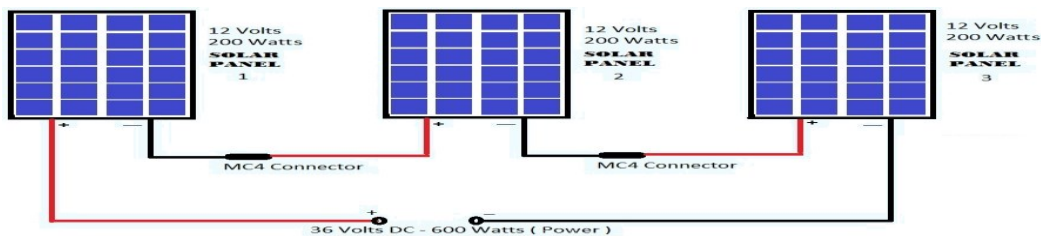
$$Paneles\ en\ serie = \frac{60\ v}{12\ v}$$

$$Paneles\ en\ serie = 5$$

3.3.3 Conexión de módulos fotovoltaicos en paralelo

Se conectan todos los módulos por sus polos positivos y, por separado, por todos los polos negativos. Con esto, se consigue aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel) pero se mantiene la misma tensión que la de uno de los paneles que componen la rama (Alonso, 2015). Este procedimiento al ser tenido en cuenta va a generar una corriente de voltaje regulado y continuo y así se evita corto circuitos o daño.

Figura 5. Conexión de módulos fotovoltaicos en paralelo



Fuente: Proyecto EnDev/GIZ. (2013). *Curso para calificación ocupacional –nivel operativo, Instalación de sistemas fotovoltaicos*. Lima-Perú.

$$Paneles\ en\ paralelo = \frac{\#\ paneles}{Paneles\ en\ serie}$$

$$Paneles\ en\ paralelo = \frac{10}{2}$$

$$Paneles\ en\ paralelo = 5$$

$$P_{max\ panel} = P_{pico\ panel} * \#de\ paneles$$

$$P_{max\ panel} = 255 * 10$$

$$P_{max\ panel} = 2.550\ W$$

3.4 Dimensionamiento de baterías

Para definir el tamaño de las baterías, se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

Máxima Profundidad de Descarga: es el nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes de la desconexión del regulador, para proteger la duración de la misma. En baterías estacionarias de plomo-ácido un valor adecuado de este parámetro es de 0.7 (Alonso, 2015)

Días de Autonomía: es el número de días consecutivos que, en ausencia de sol, el sistema de acumulación es capaz de atender el consumo, sin sobrepasar la profundidad máxima de descarga de la batería. Los días de autonomía posibles, dependen entre otros factores del tipo de instalación y de las condiciones climáticas del lugar.

La capacidad de las baterías es la cantidad de energía que debe ser capaz de almacenar, para asegurar los días de autonomía. Las expresiones que se utilizan para hallar la capacidad de la misma, tanto en Wh (vatios hora) como en Ah (amperios hora) son (Alonso, 2015)

$$C_{\min \text{Bateria}} = \frac{E_{TAC} * D_{\text{autonomia}}}{P_d * V_{\text{carga}}}$$

$$C_{\min \text{Bateria}} = \frac{20.387 * 1}{0.7 * 48}$$

$$C_{\min \text{Bateria}} = 606,75 \text{ Ah}$$

En aras de disminuir el número total de baterías requeridas por la instalación solar fotovoltaica aislada, para mitigar los costos del proyecto y tener un respaldo ante posibles fallas o mantenimientos de la instalación, se instala una planta eléctrica Diésel o grupo electrógeno de respaldo la cual va a garantizar la operatividad de la planta de desalinización por medio de osmosis inversa en la comunidad de Poromana, municipio de Manaure departamento de La Guajira, Colombia. Es necesario que el personal de la comunidad tenga conocimiento de su funcionamiento para los casos de emergencia y de necesidad de esa planta generadora, así como tener disponible y demás combustibles para su adecuado funcionamiento.

3.5 Dimensionamiento del inversor

El inversor es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia (Aguilera, Hontoria, & Muñoz, 2007). Como su nombre lo indica, se encarga de invertir un tipo de corriente recibida en la que sea requerida por la planta y demás accesorios, necesarios para el funcionamiento integral.

$$\# \text{ inversores} = \frac{P_{\max \text{ panel}}}{P_{\text{nom inversor}}}$$

$$\# \text{ inversores} = \frac{10240 \text{ W}}{4000 \text{ W}}$$

$$\# \text{ inversores} = 0.6375 \approx 1$$

3.6 Sistema de almacenamiento

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento es una necesidad básica humana y como tal es considerado un fundamental, consagrado en el Artículo 25 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos de Naciones Unidas, de diciembre de 1948, junto con otros servicios sociales necesarios para asegurar a las personas y familias un nivel de vida adecuado y digno (OMS, 2011).

Las razones para ello son evidentes. Por una parte, el consumo de agua es necesario para la supervivencia humana en sí misma. Sin agua no hay vida, además el acceso al agua en buenas condiciones de calidad es un requisito fundamental para evitar enfermedades que causan detrimento a las actividades de las personas y que no les permite alcanzar su potencial productivo y de bienes. Similarmente, el acceso a adecuados sistemas de recolección y disposición de aguas servidas, es una condición necesaria, junto con programas de educación sanitaria, para que se limiten los mecanismos de transmisión de

enfermedades, que se generan directamente por mala disposición de aguas residuales, o indirectamente por el uso de aguas contaminadas para el riego de productos para el consumo humano. (OMS, 2011)

Para garantizar el continuo suministro de agua potable en la comunidad de Poromana en el municipio de Manaure departamento de la Guajira, se utiliza un sistema de almacenamiento de agua de tipo tanques o reservorios en los cuales se hará el depósito del agua, luego de ser procesada por el sistema de desalinización por medio de osmosis inversa siendo útil para el consumo y la utilización de acuerdo a las necesidades de la comunidad. Se usarán 2 tanques marca AquaViva con una capacidad de almacenamiento de hasta 2000 litros de agua cada uno, teniendo así una capacidad de almacenamiento total de 4000 litros de agua, las cuales le van a garantizar una mejora significativa de su calidad de vida.

3.7 Prototipo a poner en operación

El sistema de desalinización por medio de osmosis inversa unificado a un módulo de generación de energía radiante, operando totalmente será instalado en la ranchería de Poromana situada en la margen izquierda de la vía Riohacha - Manaure, La Guajira. El equipo desalador puede generar entre 0.5 y 1 m³ de agua al día. La planta prototipo estará formada por 2 membranas de RO (Osmosis Reversa, por sus siglas en inglés), dos bomba centrífuga de 1/2 Hp de potencia, un inversor de corriente multifuncional, 2 baterías agrupadas en 1 banco y 10 secciones fotovoltaicas. La tabla adjunta resume los elementos que conforman el prototipo y sus especificaciones.

Tabla 6. Componentes del desalinizador solar

Cantidad	Componente	Marca	Capacidad
2	Membrana de Ro	Ingeniería en Aguas	15-20 l/h.m2
2	Bomba centrífuga	Aqua Pak	1/2 Hp
10	Paneles fotovoltaico	Renesola	255 w
2	Baterías	Greenenergy	12v – 200 Ah
1	Inversor	GELA	4000 w
1	Grupo electrógeno	Selmec	110 V

4. Estudio de la potabilidad de agua de pozo

Para realizar una justificación en el uso de la Ósmosis inversa se acudió a un estudio de la potabilidad de ese tipo de agua, realizado en la Ranchería de La Paz, con agua de pozo, presentando las siguientes características:

Tabla 7

Estudio de potabilización del agua de pozo

Agua subterránea extraída por molino de viento

Sitio de toma: Ranchería cercana a Maicao

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	EXPRESIÓN DE RESULTADOS		ESTANDAR PERMITIDO
Acidez Total	mg/L – CaCO ₃	8.4	50
Alcalinidad Total	mg/L – CaCO ₃	120	100
Calcio	mg/L – Ca	21.3	100
Cloruros	mg/L – Cl	1095	250
Color	U. pt/Co	30	<= 15
Conductancia específica	µS/cm – 25°C	4100	50 - 1000
Dureza total	mg/L – CaCO ₃	441	160
Fosfatos	mg/L – PO ₄	<0.2	0.2
Hierro	mg/L – Fe	1.62	0.3
Magnesio	mg/L – Mg	44	36
Manganeso	mg/L – Mn	<0.02	0.1
Nitratos	mg/L – NO ₃	21.40	10
Nitritos	mg/L – NO ₂	1.48	0.1
Olor	Cualitativo		Aceptable
pH	pH	7.3	6.5 – 9.0
Sabor	Cualitativo		Aceptable
Sólidos Totales	mg/L – ST	3078	< = 500
Sulfatos	mg/L – SO ₄	820	250
Turbiedad	N.T.U	0.41	<= 5
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EXPRESIÓN DE RESULTADOS		ESTANDAR PERMITIDO
Escherichia Coli	UFC/100 cm ³	<2 UFC/100 cm ³	0
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	8 UFC/cm ³	0 - < 2

Fuente: Lubo, N (2002). Estudio de potabilización de agua en la alta guajira mediante ósmosis inversa. Universidad de Los Andes, Bogotá. Pág. 82

Al analizar de manera global los parámetros físico-químicos, se encuentra que, de un total de 17 de ellos, 12 se encuentran muy por encima de los estándares permitidos por las autoridades sanitarias y solo 5 parámetros restantes se encuentran cumpliendo dichas normas o están por debajo de las mismas. Por ejemplo, la alcalinidad de esta agua se encuentra con un 20% por encima de los estándares establecidos; los cloruros están 4,38 veces más que los niveles permitidos. El color del agua es el doble de lo normal, la conductividad del agua es 4,1 veces más del estándar acordado a nivel mundial. Los sólidos totales son 6 veces mayores que lo establecido y los sulfatos es 3,28 veces lo estandarizado.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, estos superan el estándar permitido, convirtiéndose en factores negativos para las comunidades que hace uso de este tipo de agua. Es decir, el agua sale contaminada de bacterias como la *Escherichia Coli* y Coliformes, que son comunes en agua insalubres y forman parte de las materias fecales. Es en este aspecto que la planta desalinizadora entra a jugar un papel fundamental en el tratamiento de las aguas ubicadas en la comunidad de Poromana y debe contribuir a la buena salud de sus pobladores.

Otro aspecto es la contribución económica que se realiza con este proyecto, pues la comunidad va a dejar de comprometer parte de sus recursos económicos en la adquisición de agua tratada en la capital de La Guajira, incrementando sus beneficios en la salud de toda la comunidad y disminuyendo gastos en transporte y combustible, pudiendo dedicar estos recursos a otros menesteres propios de sus hogares. Por otro lado, dejan de pagar consumo de energía eléctrica convencional para favorecerse con la entrada en operación de la planta con energía fotovoltaica, disminuyendo la contaminación de su entorno y permitiendo unos mejores niveles de su calidad de vida y aprovechando que en su territorio existe una escuela donde pueden ser capacitados los pobladores que tengan algún conocimiento en este tipo de energía.

5. Justificación de las inversiones

Las inversiones realizadas por el gobierno departamental en las áreas rurales del territorio, se han dilapidado de una manera corrupta, desatendiendo las múltiples necesidades de la primera etnia del país, la cual presenta los más altos índices de muertes infantiles por desnutrición y enfermedades gastrointestinales, producidas por el consumo de aguas en mal estado, altos contenidos de sales en disolución y la escasez de la misma, debido a los precarios servicios que el Estado presta, mediante la construcción de pozos artesianos y sin la implementación de procesos de tratamiento del agua.

Puede asegurarse que las distintas comunidades indígenas han venido soportando las inclemencias del clima, la escasez de agua y de alimentos educación, salud, es decir un abandono en el compromiso social de salvaguardar el bien y la honra de los ciudadanos tal como lo ordena la Constitución Política de Colombia. Este abandono se ve reflejado en las escasas y nulas inversiones realizadas en el sector rural, cuyos recursos son saqueados de manera inmisericorde, lo que conlleva a que todo emprendimiento de carácter privado es bienvenido para preservar la vida, y brindar una mejor calidad de estos pueblos ancestrales.

6. Metodología de investigación

Bunge (2008) establece que la metodología *se compone por todos los procedimientos escrutables pertinentes, es decir, todos los procedimientos dirigidos por las reglas que arrojan conocimiento objetivo y que pueden justificarse tanto teórica como empíricamente*. Para el caso la investigación es aplicada pues busca dar solución a un problema social práctico mediante *el diseño de planes o cursos de acción, que tenga algún valor práctico para un grupo social* (Torres & Navarro, 2007).

Esta investigación inicia con un enfoque cualitativo y posteriormente se orienta hacia lo cuantitativo, pues en las etapas iniciales es conveniente realizar investigaciones exploratorias o descriptivas de tipo cualitativo que permitan generar hipótesis que se contrastan en las etapas más avanzadas con base en métodos cuantitativos (Malhotra & Grover, 1998).

La presente investigación es de tipo aplicada, pues deben llevarse a cabo una serie de actividades prácticas y técnicas que ponen de relieve aspectos de ingeniería necesarios para poder ejecutar adecuadamente el proyecto mediante la realización de tareas de diseño del tipo de planta más ajustado a la realidad del ambiente y debe tenerse en cuenta las características del suelo, el nivel de salinidad de las aguas, el impacto del salitre sobre los equipos, los módulos de protección de equipos y accesorios necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

7. Plan de trabajo

En este aparte se condensan las distintas actividades planeadas con antelación con el fin de lograr los objetivos trazados, contando con los recursos y la logística necesaria para encarar cada una de las etapas en que se irá acopiando la información y los detalles de cómo se alcanza el objetivo general. Las distintas actividades a realizadas, antes y durante el proceso de la investigación, serán las siguientes:

- Selección de la idea para desarrollar el tema.
- Búsqueda de la bibliografía y teorías para elaborar la propuesta.
- Visita a la comunidad de Poromana, para levantar información de la población y sus necesidades de recursos hídricos, planta desalinizadora y el sitio de ubicación de los equipos.
- Desarrollo de la propuesta con los aspectos teóricos y técnicos.
- Presentación de la propuesta al director del proyecto para sus observaciones y mejoras.
- Aprobación de la propuesta por parte de las autoridades universitarias.
- Establecer contacto con la empresa encargada de realizar la instalación de la planta y sus accesorios
- Desarrollo del proyecto con los diferentes componentes (teórico – práctico) de manera ordenada y lógica
- Presentación del trabajo al director del mismo para su evaluación
- Realización de correcciones y sugerencias emanadas del director
- Aprobación del proyecto por parte de las autoridades académicas de la Universidad Antonio Nariño.
- Diseño y puesta en marcha del proyecto en sus distintas fases hasta su conclusión con la asesoría permanente del director y evaluación.

- Sustentación del proyecto ante autoridades académicas.

8. Calendario

Tiempo Actividades	Abril				Mayo				Junio			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Selección de idea	■											
Búsqueda bibliografía	■											
Visita a comunidad		■										
Desarrollo propuesta			■									
Presentación propuesta				■								
Desarrollo propuesta					■							
Contacto con la empresa						■						
Desarrollo anteproyecto							■					
Presentación al director								■				
Realizar correcciones									■			
Aprobación anteproyecto										■		
Diseño del proyecto											■	
Sustentación												■

9. Viabilidad económica

Al realizar unos cálculos sencillos se puede determinar la viabilidad económica del proyecto de la siguiente manera:

La producción de la planta desalinizadora está calculada en 1.000 litros diarios. El costo de cada litro de agua purificada en el mercado de Riohacha se encuentra en los \$200. Al multiplicar la cantidad de litros por el precio del mercado se obtiene el valor de \$200.000. Este es el valor diario que se obtiene como gasto por el agua consumida en la comunidad.

Si este valor diario lo multiplicamos por los 30 días del mes, se logra como resultado un total de \$6.000.000 mensuales y al año un valor total de \$72.000.000.

Teniendo un valor mensual de \$6.000.000 y un presupuesto de gastos para la adquisición de los equipos (\$22.894.637,45), se obtiene el tiempo en que la inversión de todo el equipamiento se recupera, que es de 3,81 meses o 114 días. Significando lo anterior que es viable el proyecto y de gran beneficio para la comunidad de Poromana; la cual dejaría de adquirir el agua purificada en la ciudad de Riohacha y centraría sus esfuerzos económicos en la implementación del proyecto, ya sea con recursos propios o con el apoyo financiero del Gobierno Departamental. Cuando se habla de recursos propios es importante destacar que las comunidades indígenas organizadas bajo la modalidad de resguardos, son favorecidas con recursos de la nación a través del situado fiscal.

Conclusiones

De acuerdo a los objetivos trazados el modelo de planta a utilizar corresponde a una compuesta por 2 membranas de RO (Osmosis Reversa, por sus siglas en inglés), dos bombas centrífuga de $1/2$ Hp de potencia, un inversor de corriente multifuncional, 2 baterías agrupadas en 1 banco y 10 paneles fotovoltaicos, la cual tiene la capacidad de producción entre 0.5 m^3 y 1 m^3 de agua desalinizada por día. Estas precisiones corresponden al primer objetivo de la investigación.

Las necesidades de capacitación se relacionan con la disponibilidad de mano de obra calificada, se procederá a darle una serie de instrucciones básicas al líder de la comunidad; las indicaciones deben ser específicas en cuanto al encendido y apagado de la máquina, los dos tanques de almacenamiento tienen la capacidad de captación de 4.000 litros de agua de pozo. Es de indicar que el sistema automático de la planta efectúa los proceso mediante una serie de mecanismos que se activan cuando los depósitos están llenos e inicia el procesamiento del agua y solo requiere algunas tareas sencillas en las cuales interviene el líder.

De otro lado, como ya se capacitaron a 25 técnicos en el SENA Regional Guajira de la etnia wayuu, en mantenimiento de pozos y sistemas fotovoltaicos para esta zona del departamento, es solo realizar las coordinaciones para que se realice un plan de mantenimiento y limpieza de las membranas, filtros y otros accesorios que requieren mano

de obra especializada, como el recambio de piezas y otros elementos. Este aspecto corresponde al segundo objetivo de la investigación.

Para el tercer objetivo se dispone de un total de 10 paneles de silicio de 1,65 metros de largo por 0,99 metros de ancho, los cuales van conectados a un inversor multifuncional de corriente, y de allí pasa a las dos baterías, que actúan como acumuladores de la corriente. Estas alimentan adecuadamente a los mecanismos eléctricos que tienen como función, realizar todos los procesos de transformación del agua de pozo en agua potable.

Mediante el estudio de necesidades de consumo de agua en la comunidad, se procedió a realizar una serie de cálculos, que permitió el diseño óptimo de planta: En este sentido se estableció que la planta de osmosis inversa a implementarse en la Comunidad de Poromana, debe producir 15-20 litros por hora de agua por metro cuadrado. Según los cálculos esta planta es suficiente para abastecer las necesidades de la comunidad en los momentos actuales y tiene la capacidad de ser ampliada de acuerdo a las necesidades de mayor consumo hacia el futuro, no solo para la población sino para realizar cultivos y dar de beber a los animales.

Por otra parte, se determinó que, financieramente, es viable llevar a cabo el proyecto de implementación en la comunidad de Poromana, debido a la pronta recuperación de la inversión en unos 55 días, debido a que en los actuales momentos las autoridades tradicionales adquieren el agua tratada en las empresas establecida en Riohacha, con un costo de \$200, el litro, más el gasto de transporte y combustible.

Para tratar todas estas deficiencias detectadas en el estudio de potabilización, se debe implementar el uso de la ósmosis inversa, que es una técnica muy eficiente y competitiva para separar un solvente de los solutos que lleva disueltos, puesto que, aplicada al agua, la membrana permite la separación del 95% de las sales disueltas, lo cual permite la desalinización de aguas salobres. Por otro lado, con este sistema se puede lograr una calidad del agua muy superior para todo tipo de consumo. Va desde el punto de mayor a menor concentración de soluto; para este caso las sales y minerales afectantes de la salud, son removidos de manera efectiva por este sistema, eliminando microorganismos y residuos a fin de obtener agua de mayor pureza y calidad consumible.

Otro aspecto justificativo de la osmosis para esta zona del país es por ser muy popular y fácil de manejar para los expertos y para el personal con una capacitación mínima; además por ser uno de los sistemas de purificación de agua más usado en la actualidad existiendo una gran variedad de marcas, modelos y precios. Los repuestos son fáciles de conseguir y su mantenimiento es fácil de realizar con entrenamiento mínimo. Todos estos factores justifican la elección de este sistema para la comunidad, el cual debe incorporarse en la planta de desalinización.

Bibliografía

- AEDyR. (6 de febrero de 2019). Obtenido de <https://www.aedyr.com/es/como-funciona-planta-desaladora-agua-mar-osmosis-inversa>
- AEDyR. (3 de marzo de 2020). AEDyR. Obtenido de <https://www.aedyr.com/es/blog/tipos-membranas>
- Aguas residuales.info. (10 de marzo de 2020). *Aguas residuales.info*. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/tipos-de-membranas-para-el-tratamiento-del-agua-a96Ma>
- Aguilera, J., Hontoria, L., & Muñoz, F. (2007). *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos*. Jaén: Universidad de Jaén.
- Alonso, J. (2015). *Ingemecánica.com*. Obtenido de ww.tutorialsemanal/objetos/tutorial194.pdf
- bmasdigita.com. (2020). *bmasdigital.com*. Obtenido de <https://www.bmasdigital.com/bateria-tecnologia-agm-18ah-12v-PL-18-12>
- Bolufer, P. (10 de junio de 2016). *Interempresass.net*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Energia/Articulos/157921-Bateria-electrodos-liquidos-excelente-solucion-para-consumidor-energias-renovables.html>
- Celsia.com. (s.f.). *Celsia.com*. Obtenido de <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>
- Claudio, O. (2018). *Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable*. Aguascalientes: Centro de Investigaciones en Optica A.C. (CIO).

- Click Renovables. (31 de diciembre de 2016). *Click Renovables*. Obtenido de <https://clickrenovables.com/blog/placas-solares-todo-lo-que-necesitas-saber/>
- Colomina, J. (2016). *Diseño de una planta desalinizadora con sistema de ósmosis inversa para producir 20000 m3 día*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Condorchem Envitech. (2019). *Condorchem Envitech*. Obtenido de <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-tipos-de-membranas-de-filtracion-y-posibles-configuraciones/>
- Costa, G. (2019 de marzo de 2019). *Ciencia y Biología.com*. Obtenido de <https://cienciaybiologia.com/osmosis/>
- damia solar.com. (2018). *damia solar.com*. Obtenido de https://www.damiasolar.com/actualidad/prova/prova-1-cas_1_3
- Energialis.com. (10 de marzo de 2018). *Energialis.com*. Obtenido de <https://energialis.com/2018/03/10/la-celula-solar-hibrida-captura-la-energia-del-sol-y-las-gotas-de-lluvia/>
- Erosion.com. (febrero de 1997). *Erosion.com*. Obtenido de [www.erosion.com.co>presentaciones>catregory>26-normas-de-ingenieria](http://www.erosion.com.co/presentaciones>catregory>26-normas-de-ingenieria)
- González, M. (2019). La eterna batalla por el agua que se libra en La Guajira. *La Silla Vacía*, Edición electrónica.
- Grandas, S. (2014). ¿Qué sucede en La Guajira que no llega el agua? *Las 2 Orillas*, Edición electrónica.
- Hernández, A., Tejerina, F., Arribas, J., Martínez, L., & Martínez, F. (1990). *Microfiltración, ultrafiltración y Osmosis Inversas*. Murcia: EDITUM.
- hisour.com. (2020). *hisour.com*. Obtenido de <https://www.hisour.com/es/monocrystalline-silicon-39636/>
- InnovaQR. (24 de abril de 2018). *InnovaQR*. Obtenido de <https://blogs.upm.es/innovaqr/assignatura/energias-renovables/paneles-fotovoltaicos-panel-de-silicio-policristalino/>
- Mattox, D., & Sequeda, F. (2019). *Guías educativas para el procesamiento, caracterización y aplicaciones de recubrimiento - capas delgadas-*. Bogotá: Univalle.
- Miguel, M. d. (7 de junio de 2016). *iagua.es*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/mario-miguel-bello/sistemas-captacion-desaladoras-agua-mar>
- Monsolar.com. (2020). *Monsolar.com*. Obtenido de <https://www.monsolar.com/fotovoltaica-aislada/baterias.html#:~:text=Las%20Bater%3%ADas%20estacionarias%20plom>

o%2D%C3%A1cido,m%C3%A1s%20aconsejables%20para%20uso%20fotovoltaico.

Moreno, M. (17 de junio de 2019). Pese a fallos que ordenan llevar agua, La Guajira sigue con sed. *El Tiempo*, pág. Edición electrónica.

Ortega, J. (2001). La osmosis inversa como proceso de potabilización en España. *XXII Congreso de Centroamérica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: El Reto* (págs. 1-32). Tegucigalpa: AIDIS.

Panagopoulos, L. e., Haralambous, K.-J., & Loizidou, M. (2019). Métodos de eliminación de salmuera de desalación y tecnologías y tecnologías de tratamiento: una revisión. *Scient Direct, Volúmen 693, 25 de noviembre*, <https://www.sciencedirect.com/journal/science-of-the-total-environment/vol/693/suppl/C>.

Planas, O. (23 de mayo de 2020). *Energía Solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica>

ProMinent. (2020). *Prominent*. Obtenido de <https://www.prominent-argentina.com/es/Aplicaciones/Detalles-de-la-aplicaciones/Estabilizaci%C3%B3n-del-agua-potable.html>

Pulido-Bosch, A., & Rodríguez, T. (2007). Los acuíferos costeros y el suministro de agua de mar. *Enseñanza de las ciencias de la tierra, Vol. 15 N° 3*, 274-279.

Rodríguez, E. (2 de junio de 2020). *Tecnología.com*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6HBQwB5UcDkJ:https://www.areatecnologia.com/electricidad/baterias-para-paneles-solares.html+&cd=27&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>

Rodríguez, N. (2017). *Caracterización del desempeño de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de distribución eléctrica en la sede El Bosque de la Univerisdad Libre*. Bogotá: Universidad Libre.

sites.google.com. (9 de abril de 2020). *sites.google.com*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/ladesalinizacion/home/pretratamiento>

Sitiosolar.com. (2013). *Sitiosolar.com*. Obtenido de <http://www.sitiosolar.com/la-energia-solar-fotovoltaica-de-alta-concentracion-hcpv/>

Solar Energía.net. (8 de junio de 2017). *Solar Energía.net*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares>

Tecnosolab.com. (2019). *Tecnosolab.com*. Obtenido de <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>

Valera, B., Campanini, Y., & Chirinos, A. (24 de febrero de 2012). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/guillermo150782/aireacin#:~:text=AIREACI%C3%93N%20La%20aireaci%C3%B3n%20es%20un,Aumento%20del%20contenido%20de%20oxigeno>.

Vega, R. (2006). Sistemas de captación de aguas subterráneas. (págs. 1-55). Buenos Aires: Compañía General de Sondeos.

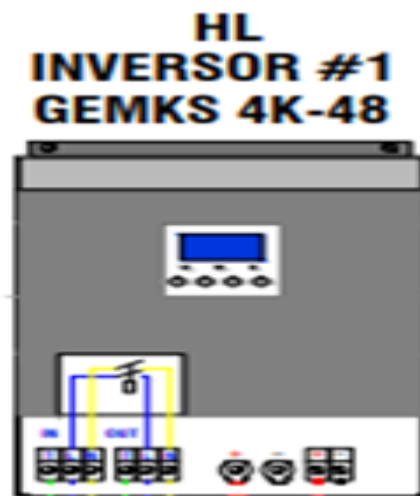
Wateractionplan.com. (abril de 2015). *Wateractionplan.com*. Obtenido de <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Filtraci%C3%B3n+en+membrana+y+%C3%B3smosis+inversa.pdf/c6e09095-3730-c07e-42e8-3f9db4f7e28b>

Wikipedia.org. (8 de julio de 2018). *Wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoelectroqu%C3%ADmica

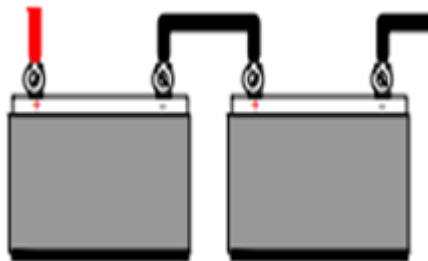
Wikipedia.org. (16 de septiembre de 2019). *Wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Silicio_monocristalino

Anexos

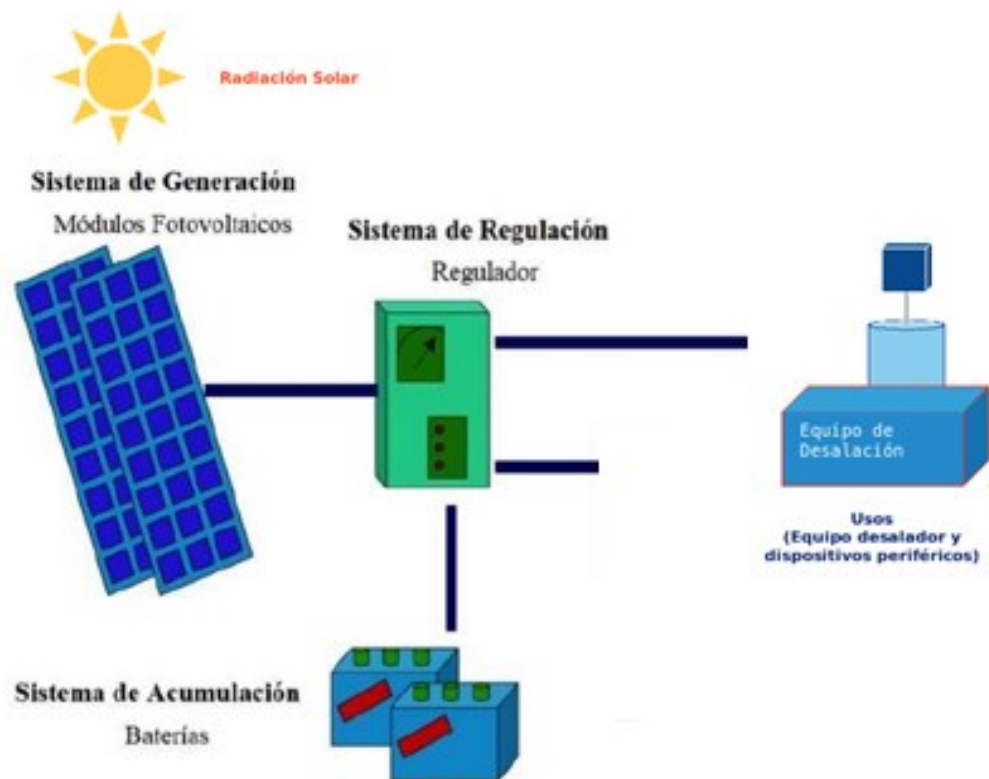
A. Anexo: Inversor multifuncional



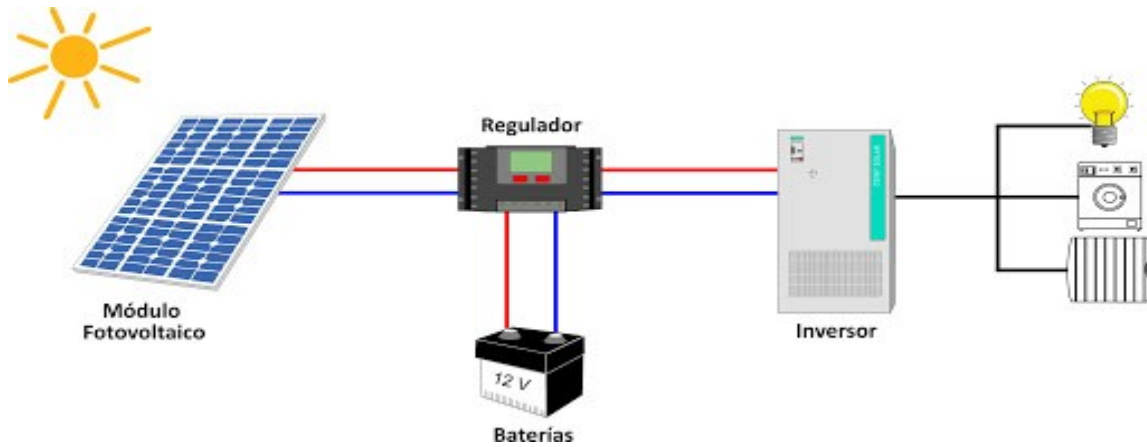
B. Anexo: Banco de baterías



C. Anexo: Esquemático sistema solar fotovoltaico



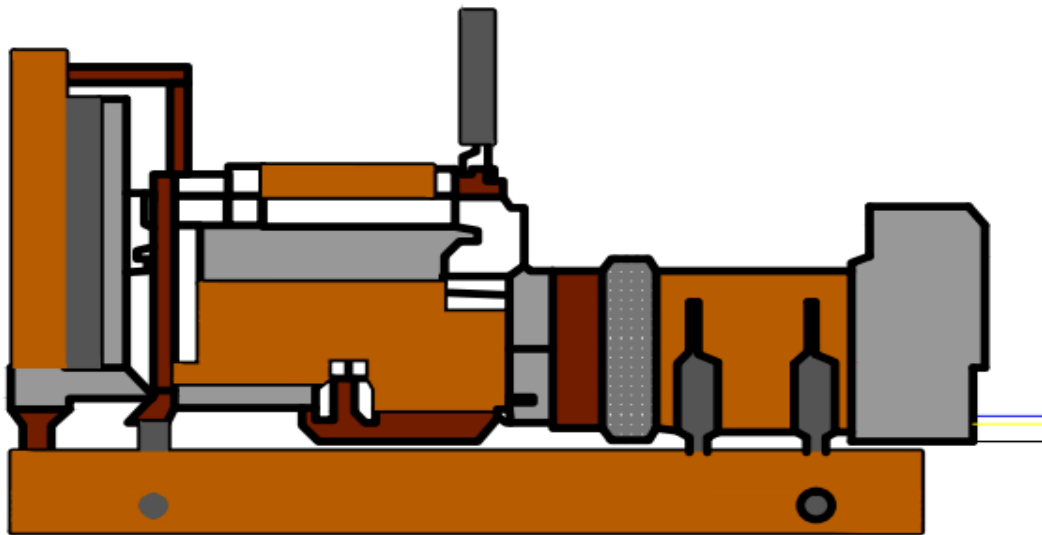
D. Anexo: Esquemático principal sistema solar fotovoltaico



E. Anexo: Paneles solares fotovoltaico

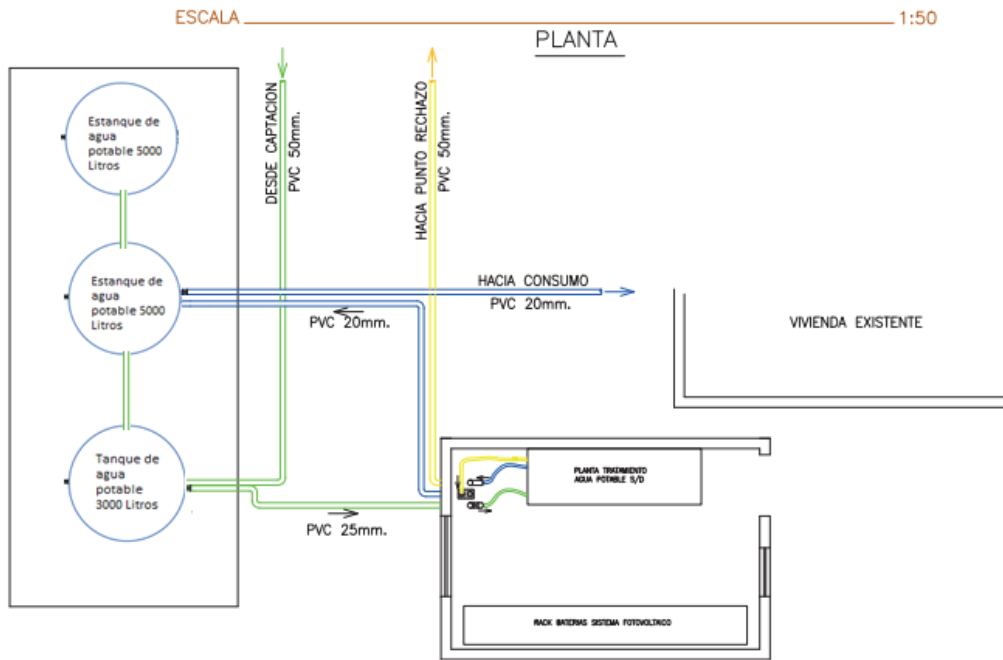


F.Anexo: Planta electrógena de respaldo

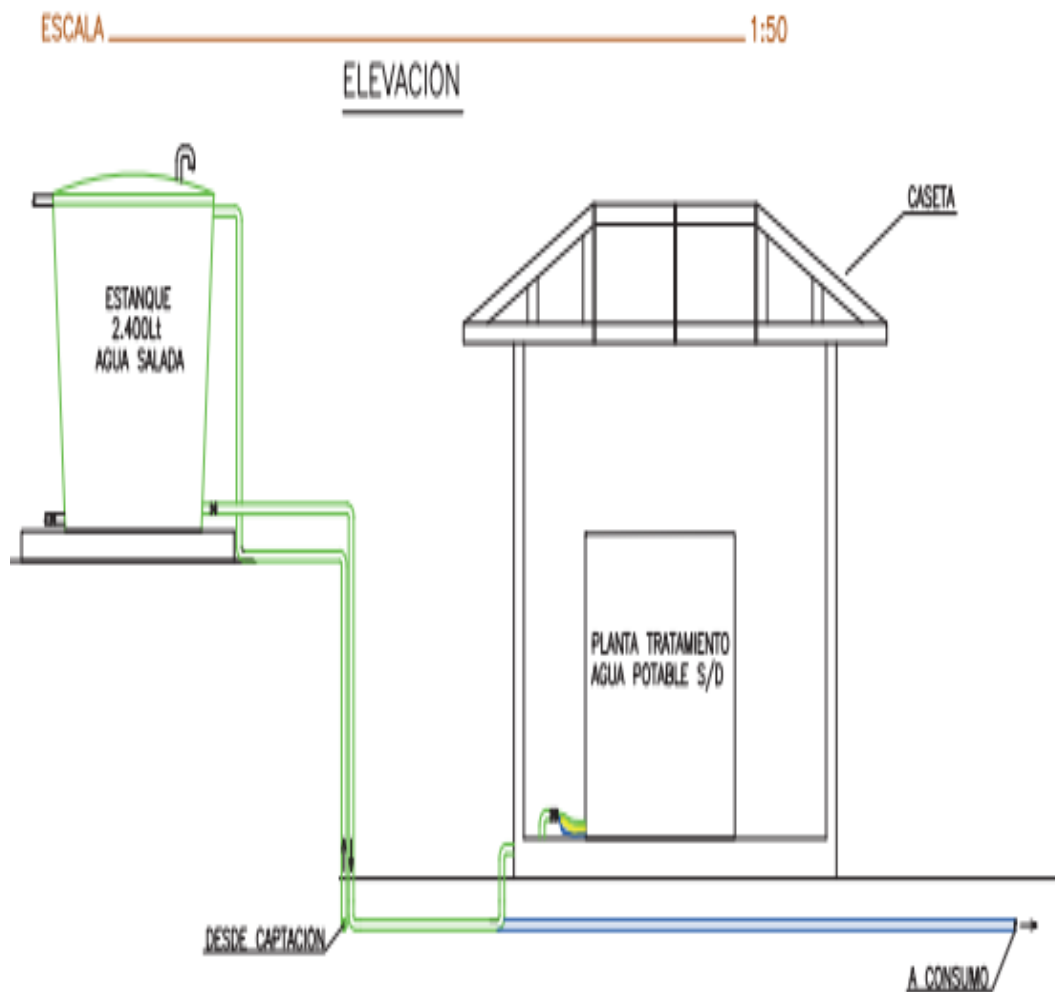


Planta Diesel de Respaldo

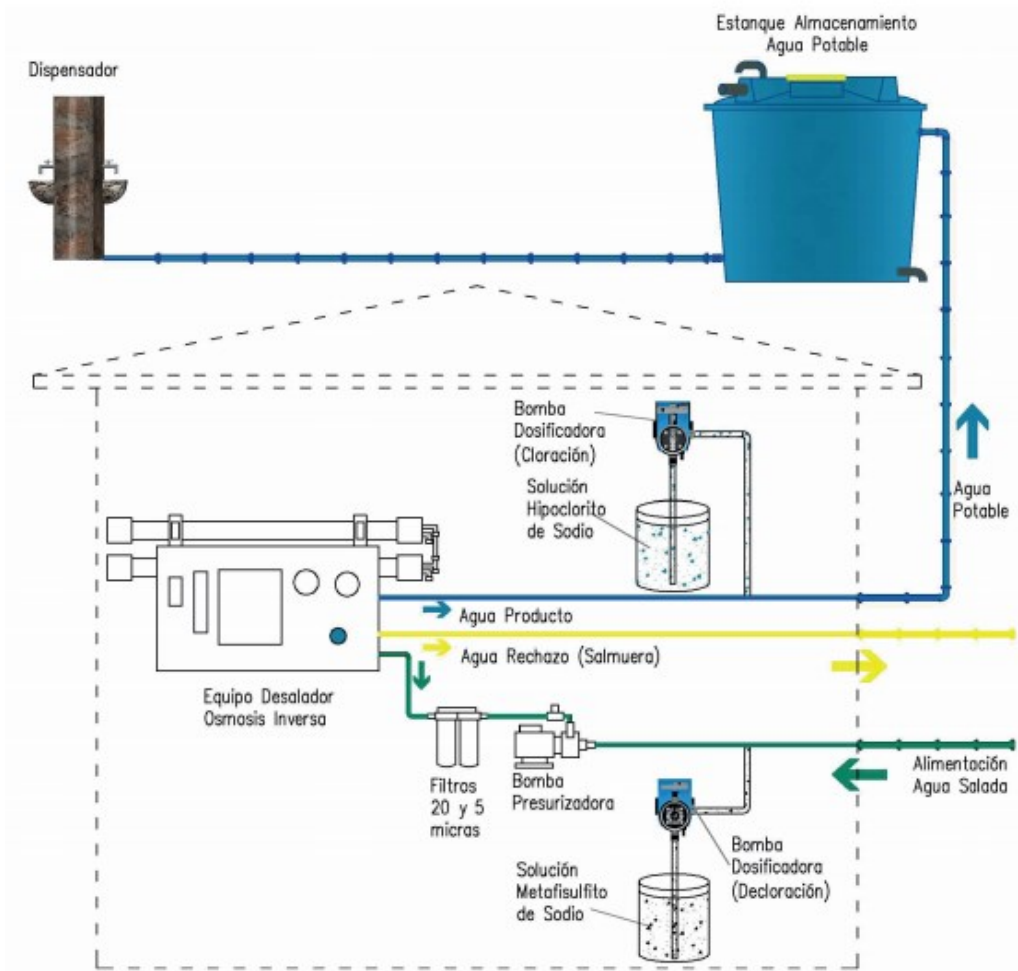
G. Anexo: Detalle planta ósmosis inversa




H. Anexo: Detalle planta ósmosis inversa



I. Anexo: Esquema de sistema de desalinización por osmosis inversa




J. Anexo: Ficha técnica módulo solar fotovoltaico JC255M-24/Bgs



Double Glass Module

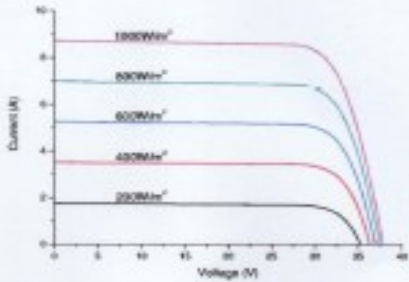
250W/255W/260W/265W

Dimensions



Drawing Only for Reference

I-V Curves



Electrical Characteristics STC	JC250M-24/Bgs	JC255M-24/Bgs	JC260M-24/Bgs	JC265M-24/Bgs
Maximum Power (Pmax)	250 W	255 W	260 W	265 W
Power Tolerance	0 – +5W	0 – +5W	0 – +5W	0 – +5W
Module Efficiency	15.2%	15.5%	15.8%	16.1%
Maximum Power Current (Imp)	8.11 A	8.39 A	8.73 A	8.86 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.1 V	30.4 V	30.3 V	30.5V
Short Circuit Current (Isc)	8.63 A	8.86 A	8.95 A	9.05A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.4 V	37.5 V	37.6 V	37.7 V
Values at Standard Test Conditions STC (AM1.5, Irradiance of 1000W/m², Cell Temperature 25°C)				

Electrical Characteristics NOCT	JC250M-24/Bgs	JC255M-24/Bgs	JC260M-24/Bgs	JC265M-24/Bgs
Maximum Power (Pmax)	185 W	189 W	193 W	196 W
Maximum Power Current (Imp)	6.57 A	6.63 A	6.74 A	6.84 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	28.2 V	28.5 V	28.6 V	28.7 V
Short Circuit Current (Isc)	7.03 A	7.19 A	7.27 A	7.33 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.0 V	34.1 V	34.3 V	34.4 V
Values at: Nominal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800W/m², AM1.5, Ambient Temperature 30°C, Wind Speed 1m/s.				

Mechanical Characteristics	Characteristics		
Cell Type	Monocrystalline Silicon, 60 (6x10) pcs in series	Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Superstructure	High Transmission, Low Iron & Semi-Tempered Glass (2.5 mm)	Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Substructure	Semi-Tempered Glass (2.5 mm)	Temperature Coefficient of Pmax	-0.40%/°C
Junction Box	IP67 rated, with bypass diodes	Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Dimensions	*1658 x 992 x 6 mm (26 mm) for reference		
Output Cable	4 mm² (SUS), 222 mm (+L, 75mm (-))		
Weight	24 kg		
Frame & Installation Holes	N/A, Special Installation Structure		

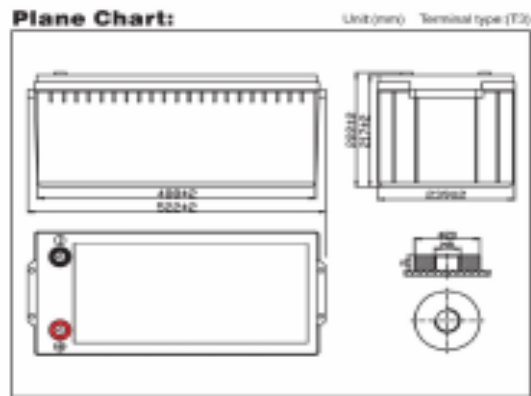
Packing Information	Maximum Ratings				
Container	20' GP	40' GP	40' HQ	Operating Temperature	-40°C – +85 °C
Pallets per Container	6	13	26	Maximum System Voltage	1500VDC (M)
Pieces per Container	180	390	780	Maximum Series Fuse Rating	20A (DC)

See also: [L250M-24/Bgs](#), [L255M-24/Bgs](#), [L260M-24/Bgs](#), [L265M-24/Bgs](#)
 *L250M-24/Bgs is approved for design and specification with substructure design without any cables.

K. Anexo: Ficha técnica de batería modelo OT200-12



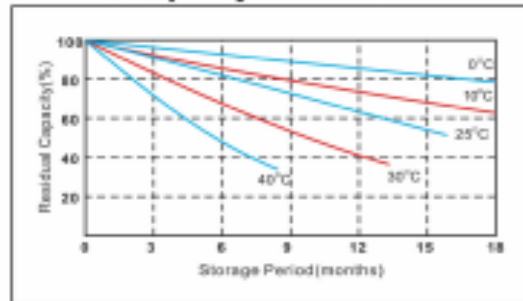
MODEL: OT200-12 @C10 **NO.: 302010005-00134**



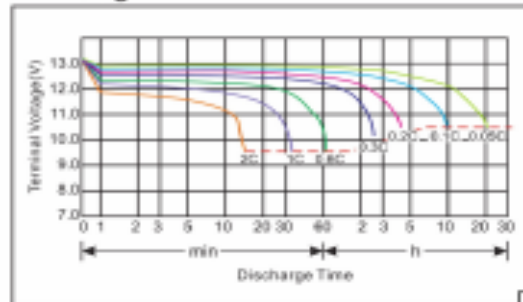
Parameter Chart:

Volts		12V	
Capacity(25°C)	10 hours rate (20A)	200Ah	
Discharge Current Testing (25°C)	1 hours rate (110A)	110Ah	
	3 hours rate (50A)	150Ah	
Internal Resistance	Full Charged Battery 25°C	2.5mΩ	
Capacity Affected By Temperature	40°C	104%	
	25°C	100%	
	0°C	83%	
	-15°C	65%	
Residual Capacity (25°C)	Capacity After 3 Months Storage	91%	
	Capacity After 6 Months Storage	82%	
	Capacity After 12 Months Storage	65%	
Charge (Constant Voltage)	Cycle (25°C)	Initial Charging Current Less Than 60A Voltage 14.5-14.9V	
	Float (25°C)	Charge Voltage 13.6-13.8V	
Weight (Approx)		60.2Kg	

Residual Capacity



Discharge Current 25°C



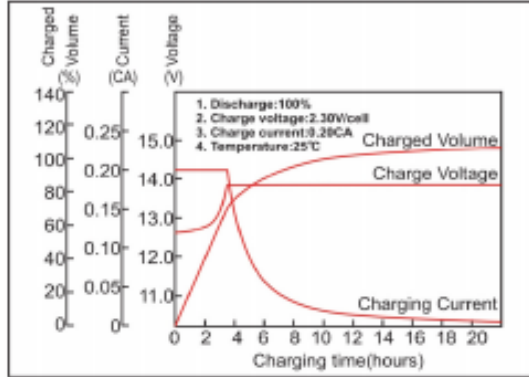
★The above are average and data obtained from the first 3 charge/discharge cycles. These are not minimum values.



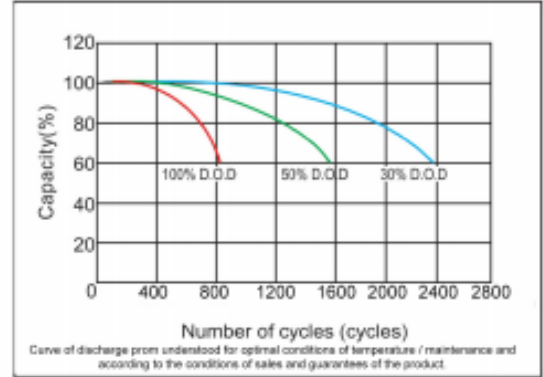
VALVE REGULATED LEAD ACID BATTERY - MEDIUM AND LARGE CAPACITY SERIES

MODEL: OT200-12 @C10 **NO.: 302010005-00134**

Constant voltage charging characteristics



Cycle service life in relation to the depth of discharge



Constant Current Discharge Characteristics(A,25°C)

F.V/Time	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	366.3	207.9	128.7	72.4	54.5	41.4	37.8	24.1	20.2	10.3
10.2V	351.5	200.0	123.8	71.3	53.0	40.9	36.6	23.9	20.1	10.2
10.5V	344.5	195.0	120.8	70.7	52.6	40.6	36.3	23.8	20.0	10.1
10.8V	333.6	190.1	117.8	69.8	51.9	39.4	35.9	23.5	20.0	10.1

Constant Power Discharge Characteristic(Watt,25°C)

F.V/Time	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	4022.4	2332.4	1467.2	837.5	632.6	487.1	439.6	285.1	239.6	122.8
10.2V	3861.0	2239.4	1410.8	824.7	622.7	481.1	432.6	283.1	237.6	121.8
10.5V	3782.8	2187.9	1376.1	817.7	617.8	477.2	428.7	282.2	237.6	120.8
10.8V	3668.0	2127.5	1338.5	807.8	610.8	463.3	424.7	278.2	237.6	120.8

Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL	12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%

★The above are average and data obtained from the first 3 charge/discharge cycles. These are not minimum values.

L. Anexo: Ficha técnica inversor GEMKS 4K – 48

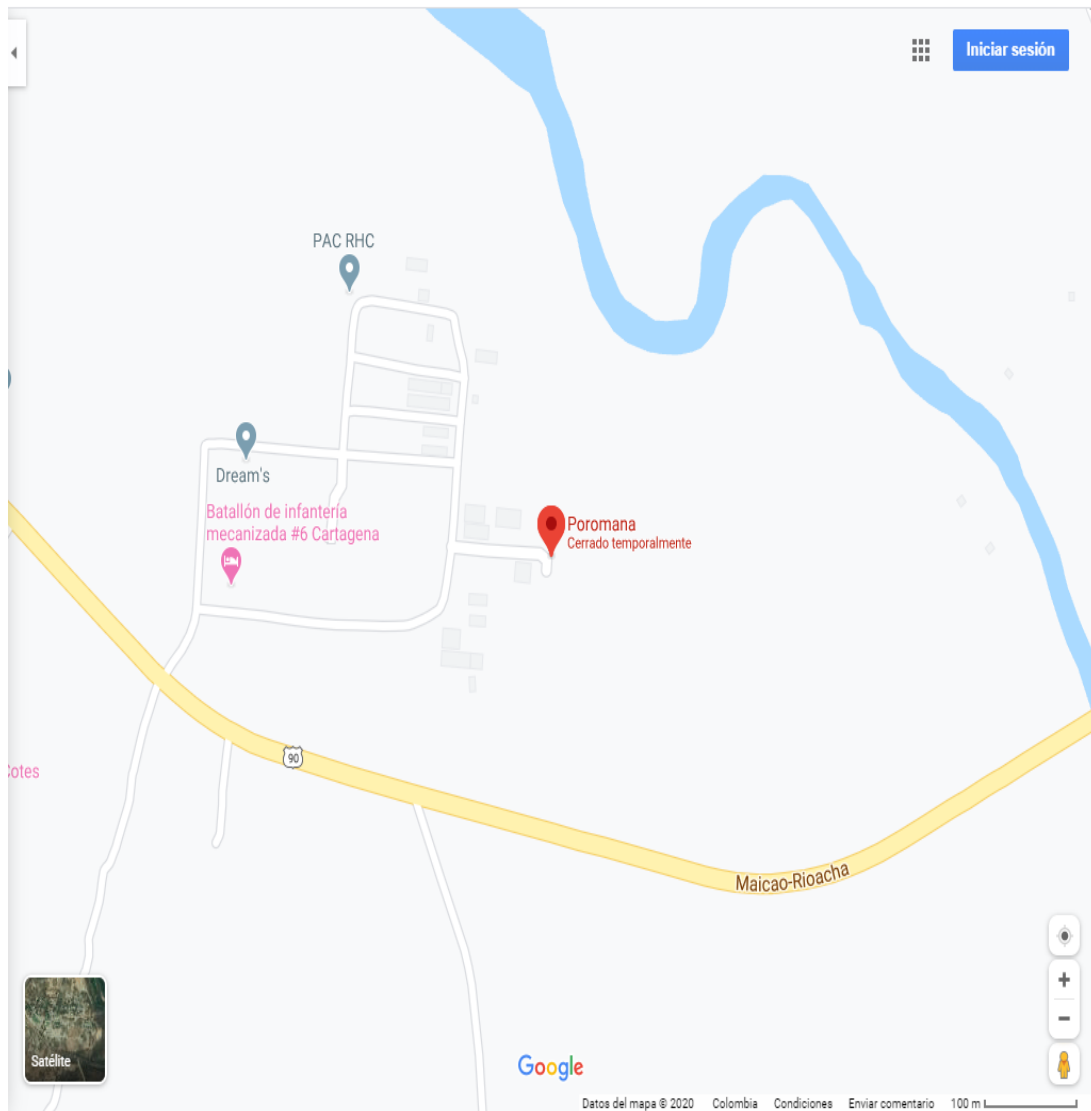
GEMKS Inversor Off-Grid

MODEL	GELA MKS 1K-24	GELA MKS 1K-48	GELA MKS 2K-24	GELA MKS 3K-24	GELA MKS 3KP-24	GELA MKS 3K - 48	GELA MKS 4k-48	GELA MKS 5k-48
Rated Power	1000VA/ 1000W	1000VA/ 1000W	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	3000VA/ 2400W	3000VA/ 3000W	4000VA/ 4000W	5000VA/ 5000W
Parallel Capability	No	No	No	No	Yes, 9 units	No	Yes, 9 units	Yes, 9 units
INPUT								
Voltage	230 VAC							
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)							
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)							
OUTPUT								
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC \pm 5%							
Surge Power	2000VA	4000VA	6000VA			8000VA	10000VA	
Efficiency (Peak)	90% - 93%	93%		90%	93%		90%	
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)							
Waveform	Pure sine wave							
BATTERY								
Battery Voltage	24 VDC	48 VDC	24 VDC	24 VDC	24 VDC	48 VDC	48 VDC	
Floating Charge Voltage	27 VDC	54 VDC	27 VDC	27 VDC	Default: 24 VDC, Max: 30 VDC	54 VDC	54 VDC Max. 58VDC (optional 64VDC, please check with sales)	
Overcharge Protection	31 VDC	62 VDC	31 VDC	31 VDC	30 VDC	62 VDC	60 VDC (optional 66VDC, please check with sales)	
SOLAR CHARGER & AC CHARGER								
Maximum PV Array Power	600W	900W	600W	600W	1000W	900W	4000W	
MPPT Range @ Operating Voltage	30 VDC~ 66 VDC	60 VDC~ 88 VDC	30 VDC~ 66 VDC	30 VDC~ 66 VDC	30 VDC~ 80 VDC	60 VDC~ 88 VDC	60 VDC~ 115 VDC	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	75VDC	102VDC	75VDC	75VDC	100VDC	102VDC	145 VDC	
Maximum Solar Charge Current	25A	18A	25A	25A	40A	18A	80 A	
Maximum AC Charge Current	20A	15A	30A	30A	60A	15A	60 A	
Maximum Charge Current	45A	33A	55A	55A	100A	33A	140 A	
Maximum Efficiency	98%							
Standby Power Consumption	2 W							
PHYSICAL								
Dimension,DxWxH (mm)	100 x 272 x 355				120 x 295 x 385	120 x 295 x 468	120 x 295 x 468	
Net Weight (kgs)	6.8	7.0	7.4	7.5	7.4	12.5	13.5	
ENVIRONMENT								
Humidity	5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)							
Operating Temperature	0°C - 55°C							
Storage Temperature	-15°C - 60°C							



<https://www.greenenergy-latinamerica.com/tienda/wp-content/uploads/2018/03/02-MULTIFUNCIONAL-GEMKS-1-2-3-4-5KW.pdf>

M. Anexo: Ubicación de Poromana



N. Anexo: Cotización de equipos

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Panel solar policristalino 255 W	10	436.000	4.360.000
Inversor Phoenix, Ref. 12/375-110V	1	393.822	393.822
Terminal final femenino AC	1	19.000	19.000
Cable extensor 2mt.	1	153.000	153.000
AC end cable	1	126.000	126.000
Batería Leoch Lpg 12-200 (12V-200Ah)	2	1.019.734	2.039.468
Regulador de carga 812/24V	1	637.065	637.065
Bombas centrífugas	2	150.000	300.000
Planta desalinizadora	1	2.000.000	2.000.000
Tanques de almacenamiento de 2000 Lts	2	507.000	1.014.000
Subtotal Equipos			11.042.355
Servicios profesionales		5.000.000	4.000.000
Mano de obra		4.000.000	2.000.000
Transporte		2.500.000	1.500.000
Imprevistos			2.254.235
Subtotal Mano de obra, imprevisto			9.754.235
IVA (19%)			2.098.047,45
TOTAL			22.894.637,45

O.Anexo: Registro fotográfico de la situación actual Poromana

















