



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de un sistema portable de desalinización de agua de supervivencia marina para consumo humano mediante energía solar fotovoltaica mediante ósmosis inversa

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Pablo Amezcua Fernández

DIRECTORES: Víctor Alfonsín Pérez

Rocío Maceiras Castro

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de un sistema portable de desalinización de agua de supervivencia marina para consumo humano mediante energía solar fotovoltaica mediante ósmosis inversa

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

Este trabajo fin de grado tiene un único objetivo, el diseño de un sistema de obtención de agua dulce en situaciones de supervivencia marina mediante ósmosis inversa utilizando energía fotovoltaica.

A lo largo de los capítulos se realiza una descripción teórica de cada uno de los elementos que conforman este sistema de supervivencia, así como, su desarrollo con el paso de los años. A su vez se seleccionan elementos existentes en el mercado teniendo en cuenta tanto sus características físicas como funcionales.

Se dimensiona la batería, el panel fotovoltaico y el regulador de carga con los datos de radiación solar recibida en la provincia de Pontevedra, basándose este cálculo en las necesidades básicas de agua para el ser humano. Para el estudio, se seleccionó una de las balsas salvavidas embarcada en los buques de la Armada, esta balsa tiene una capacidad para doce tripulantes. Posteriormente se explica detalladamente cada elemento perteneciente al desalinizador, como se dispondría a bordo de la balsa salvavidas, sus capacidades de funcionamiento y limitaciones.

Finalmente se realiza un estudio económico de la inversión que supondría la adquisición del equipo diseñado.

PALABRAS CLAVE

Ósmosis inversa, Paneles fotovoltaicos, Balsa salvavidas, Batería LiFePo₄, Desalinizador portátil

AGRADECIMIENTOS

A la Armada por brindarme esta posibilidad.

CONTENIDO [VAP1]

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	4
1 Introducción y objetivos del tfg.....	5
1.1 Descripción del apartado.....	5
1.2 Estado del arte	6
1.2.1 Desalinizador manual	6
1.2.2 DESSOL	7
1.2.3 Tesis doctoral A. Murray Thomson.....	7
2 Desarrollo del TFG.....	10
2.1 Descripción del TFG	10
2.2 Agua potable en supervivencia marina.	10
2.3 Balsas salvavidas.....	11
2.3.1 Capacidad de supervivencia	11
2.4 Desalinización.....	12
2.4.1 Desalinización en España	13
2.4.2 Técnicas de desalinización.	14
2.4.2.1 Destilación.....	14
2.4.2.2 Destilación Multi-efecto (MED).	14
2.4.2.3 Evaporación súbita (MSF).....	14
2.4.2.4 Compresión de vapor (VC).	15
2.4.2.5 Ósmosis inversa.....	15
2.4.2.6 Electrodialisis.	15
2.4.3 Consideraciones energéticas.	15
2.5 Ósmosis inversa	16
2.5.1 Membranas	17
2.5.2 Equipos de ósmosis inversa	18
2.6 Energía solar fotovoltaica	20
• Sistemas aislados de energía solar fotovoltaica:	20
2.6.1 Costes.....	20
2.6.2 Materiales	21
2.6.2.1 Silicio puro monocristalino.	21
2.6.2.2 Silicio puro policristalino.	21

2.6.2.3 Silicio amorfo.....	22
2.6.3 Características paneles solares.....	22
2.6.3.1 Factores que afectan a la curva característica I-V del generador.	23
2.6.4 Selección panel fotovoltaico.....	25
2.7 Baterías.....	26
2.7.1 Principio de funcionamiento baterías.	27
2.7.2 Selección batería.....	29
2.8 Sistemas de ósmosis inversa alimentados con paneles fotovoltaicos	30
3 Diseño del sistema.....	32
3.1 Descripción del apartado.....	32
3.1.1 Balsa salvavidas.....	32
3.1.2 Sistema de ósmosis inversa	34
3.1.3 Panel fotovoltaico	36
3.1.5 Dimensionamiento panel fotovoltaico, batería y regulador de carga	38
3.1.5.1 Estimación de consumo.....	38
3.1.5.2 Datos irradiación	38
3.1.5.3 Dimensionamiento del generador fotovoltaico	39
3.1.5.4 Dimensionamiento del sistema de acumulación.....	40
3.1.5.5 Dimensionado del regulador	41
3.1.6 Batería.....	41
3.1.7 Regulador de carga	43
3.1.8 Colocación panel fotovoltaico en balsa salvavidas.....	43
4 Estudio económico	45
4.1 Descripción del apartado.....	45
5 Conclusiones y líneas futuras	47
5.1 Conclusión	47
5.2 Líneas futuras	47
6 Bibliografía.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1-1 Desalinizador manual	6
figura 1-2 Desalinizador	7
figura 2-1 Balsa salvavidas Armada	11
figura 2-2 Esquema simple de ósmosis inversa	16
figura 2-3 Rango de diámetros de membranas comerciales	17
figura 2-4 Membrana tipo espiral	18
figura 2-5 Bloque de ósmosis inversa	18
figura 2-6 Variación precio panel 140W	21
figura 2-7 de derecha a izquierda: panel monocristalino, policristalino y amorfo	22
figura 2-8 Curva característica I-V	23
figura 2-9 Efecto de la irradiancia sobre la curva característica I-V de un generador fotovoltaico	24
figura 2-10 variación de la curva característica I-V con la temperatura	24
figura 2-11 Elementos de una batería	28
figura 2-12 Funcionamiento batería durante descarga	29
figura 2-13 Sistema de ósmosis inversa alimentado por FV	30
figura 3-1 contenedor en soporte	33
figura 3-2 Balsa salvavidas 12 personas	33
figura 3-3 desalinizador katadyn powersurvivor 40E	34
figura 3-4 Sistema recuperación energía	35
figura 3-5 entradas y salidas desalinizador	36
figura 3-6 Panel fotovoltaico desplegado	36
figura 3-7 Panel fotovoltaico plegado	37
figura 3-8 Display batería	42
figura 3-9 batería conectada panel fotovoltaico	42
figura 3-10 Carcasa batería LFP 10	43
figura 3-11 Comprobación panel fotovoltaico	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 agua necesaria para supervivencia	10
Tabla 2-2 Material en balsa salvavidas	12
Tabla 2-3 Clasificación aguas saladas	13
Tabla 2-4 Plantas desalinizadoras en España	14
Tabla 2-5 Energía consumida para desalinización de agua.....	16
Tabla 2-6 Sistemas portátiles de ósmosis inversa	19
Tabla 2-7 características eléctricas panel fotovoltaico	25
Tabla 2-8 Paneles fotovoltaicos plegable alta eficiencia.....	26
Tabla 2-9 Selección batería	29
Tabla 3-1 Tabla de consumo diario suponiendo producción 6l	38
Tabla 3-2 Irradiación Pontevedra	39
Tabla 4-1 Tabla de precios	45

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL TFG

1.1 Descripción del apartado

Los barcos son el medio de transporte que menos energía consume en proporción con la cantidad de carga que puede transportar, de ahí su uso tan extendido. En el año 2014 tuvieron lugar 96 naufragios, en los que hubo personas que perdieron la vida. Un buen material de salvamento puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte.

Existen numerosos libros de supervivencia y de información de cómo sobrevivir en la mar [1], no todos están de acuerdo en la cantidad de agua que se debe tomar diariamente. Lo que si especifican todos los libros es la voluntad de vivir, por encima del alimento y del agua del que se pueda disponer. No existen normas generales ni fórmulas para la supervivencia, cada individuo es único en este aspecto. El caso más sonado es del joven marinero Poom Lim que su barco naufragó en noviembre de 1942 tras ser torpedeado y estuvo a la deriva 133 días en el océano Atlántico hasta que lo encontró un pesquero brasileño [2].

Al hablar de supervivencia marina, se debe pensar en las balsas de salvamento. Desde que se realizó el primer bote salvavidas en 1790, esta ha sido una tecnología en continuo avance.

En cuanto sucede el naufragio y se encuentra uno en la balsa salvavidas, la necesidad más urgente es el agua dulce, ya que es esta la que limita nuestra supervivencia. Sin agua en el cuerpo no se debe comer, lo que nos produciría deshidratación y está totalmente prohibido beber agua del mar ya que perjudicaría gravemente nuestra salud [3].

Las balsas salvavidas empleadas en la Armada disponen solamente de litro y medio de agua por persona. Es en este aspecto en el que se centra el trabajo desarrollado.

El problema fue abordado comenzando por la selección del desalinizador portátil más adecuado que pudiese ser llevado a bordo. A partir de este, se seleccionaron unas placas fotovoltaicas que cumplimentaran las necesidades del desalinizador para funcionar correctamente. Posteriormente se eligió la mejor batería que cumpliera las especificaciones para ser transportada y desaprovechar la mínima energía posible, así como disponer de agua potable en los días con menos radiación solar.

El estudio se centra en tres apartados principales. El primero realiza una explicación teórica de todos los elementos que formarán parte del sistema desalinizador portátil, a su vez se desarrolla el funcionamiento de estos. En el segundo apartado se hace un estudio de su funcionamiento en las proximidades de la provincia de Pontevedra, dimensionando los elementos en función de la radiación solar recibida por esta provincia [4]. Asimismo se desarrolla detenidamente cada propiedad de los diferentes componentes que conforman el equipo de desalinización fotovoltaico. Finalmente, se incluye un estudio económico del precio que tendría la adquisición de los elementos en el mercado.

El objetivo principal de este trabajo es implementar un nuevo método de obtención de agua dulce que se pueda transportar a bordo de las balsas salvavidas. Este sistema debe funcionar mediante ósmosis inversa y estar alimentado por paneles fotovoltaicos. Tanto los paneles fotovoltaicos como los sistemas de ósmosis inversa han avanzado haciendo posible que se pueda plantear la posibilidad de obtención de agua dulce en bastante más cantidad de la que se dispone hoy en día a bordo de las balsas de salvamento. Con el funcionamiento de este desalinizador a bordo de las balsas salvavidas se pondría fin a la deshidratación a bordo de estas y se centrarían las necesidades de la tripulación en otros aspectos. Es por eso que el fin último de este TFG es aumentar las posibilidades de supervivencia en este tipo de situaciones extremas.

1.2 Estado del arte

En este capítulo se procederá a enumerar y comentar trabajos previos que estén relacionados con el ámbito de este TFG, así como tecnologías relacionadas con este.

Es importante saber que no existe a día de hoy un sistema obtención de agua como el que será dimensionado en este estudio. Generalmente, los equipos desalinizadores son utilizados para administrar agua a un gran número de individuos en comparación con el diseñado en este trabajo.

1.2.1 Desalinizador manual

La U.S. Navy (United States) que se encuentra en la vanguardia en tecnología de salvamento, utiliza desalinizadores manuales a bordo de sus balsa salvavidas.



figura 1-1 Desalinizador manual

La figura 1-1 [5] muestra un desalinizador manual de pequeñas dimensiones para emergencias. Usado en balsas salvavidas y en kits de supervivencia individual. El fabricante especifica que se obtienen 0,8 l/h de agua dulce. Realiza la desalinización mediante osmosis inversa.

1.2.2 DESSOL

En el ámbito nacional, el Instituto Tecnológico de Canarias ha patentado un equipo de desalación de agua de mar o salobre autónomo conectado a un campo solar fotovoltaico con acumulación de energía.

El producto DESSOL® (figura 1-2) [6], es un producto compacto de desalación de agua de mar o salobres autónomo. Básicamente, la tecnología de ósmosis inversa hace uso optimizado de la electricidad procedente de un campo solar fotovoltaico con acumulación de energía para obtener el agua potable necesaria en cualquier entorno costero o del interior con agua salobre aislado de la red eléctrica.

Este sistema está concebido para zonas que tengan un alto nivel de recurso solar y bajos niveles de agua per cápita. DESSOL está diseñado para administrar agua potable a pequeñas poblaciones entre 1-1500 habitantes. Actualmente se encuentran instalados cinco sistemas en África, uno en Túnez (2006) y cuatro en Marruecos (2008).



figura 1-2 Desalinizador

1.2.3 Tesis doctoral A. Murray Thomson.

El Dr. Murray Thomson realizó una tesis en 2003 en la que efectuó un estudio de la desalinización mediante ósmosis inversa potenciada por paneles fotovoltaicos. En esta incluye el diseño la construcción y prueba de un sistema de ósmosis inversa potenciando con paneles fotovoltaicos. El sistema trabaja con agua de mar y no utiliza baterías, por lo que la producción de agua varía durante el día dependiendo de la energía solar recibida [7].

Murray afirmó que estas eran el punto débil del sistema de desalinización. Desarrolló un modelo de Matlab-Simulink, demostrando que el equipo podía operar eficientemente sin baterías. Finalmente se realiza un modelo con sus correspondientes pruebas en MATLAB-Simulink, cuyo objetivo es minimizar el coste del agua producida. Consiguiendo producir agua en sitios remotos con un coste de 2,77€/m³.

2 DESARROLLO DEL TFG

2.1 Descripción del TFG

En este capítulo se explica tanto la tecnología de salvamento existente hoy en día como las necesidades de agua que requiere el cuerpo humano para sobrevivir en una situación de naufragio. A su vez se detalla el funcionamiento teórico todos los elementos que conformarán nuestro sistema de desalinización portátil. Finalmente, después de la explicación de los elementos se hace una comparativa entre los que podrían formar parte del sistema y previa justificación, se elije el más adecuado.

2.2 Agua potable en supervivencia marina.

En condiciones de supervivencia marina, el agua potable será la necesidad más urgente. Se necesitará aprender a montar el equipo y hacerlo funcionar. Una vez en la balsa salvavidas hay que racionalizar el agua. Un hombre en buen estado de salud puede aguantar entre 8 y 10 días sin beber agua. A continuación se presentan las raciones recomendadas por el manual de supervivencia del SAS [8]

Día	Ración
1	No se debe beber agua. El cuerpo es un depósito y tiene una reserva
2-4	400ml diarios
A partir del 5	Entre 55 y 250ml diarios. En función de clima y agua disponible.

Tabla 2-1 agua necesaria para supervivencia

La Tabla 2-1 indica el agua mínima para mantenerse con vida. Por otro lado, para asegurar un buen estado se necesita al menos medio litro diario, por lo tanto, la cantidad mínima que debemos obtener para aumentar la supervivencia de los náufragos es de seis litros diarios (siendo la balsa de 12 tripulantes).

2.3 Balsas salvavidas

No se puede abandonar la idea de que un naufragio es una posibilidad latente en todos los buques. La supervivencia depende de muchos factores como la meteorología, el estado de la mar y la voluntad de sobrevivir.

Las balsas de salvamento son naves inflables que se utilizan en evacuaciones de emergencia o desastres a bordo de un buque.

Este trabajo se centrará en las autoinflables que son generalmente las empleadas en la Armada. Estas se encuentran dentro de unos contenedores. Normalmente situados en la cubierta principal del buque, en el momento de la emergencia son lanzados al agua. Los contenedores están equipados con sistema de autoinflado de nitrógeno o dióxido de carbono que en contacto con el agua se activan.

Las balsas están diseñadas para un número determinado de tripulantes, así como donde se les podrá dar uso, diferenciando entre aguas costeras o profundas. La balsa usada para este trabajo (figura 2-1) es de doce personas y de aguas profundas.



figura 2-1 Balsa salvavidas Armada

2.3.1 Capacidad de supervivencia

Como se dijo con anterioridad, no hay un tiempo exacto para la supervivencia de personas en una situación de emergencia como puede ser un abandono de buque. Estas balsas proporcionan un apoyo [9], pero, hay muchos factores a tener en cuenta, como son la meteorología o el estado físico de los tripulantes de la balsa.

Este tipo de embarcaciones contienen unos elementos básicos para la supervivencia, en la Tabla 2-2 se enumeran todos estos.

Cuchillo flotante	Tabla de señales
Achicador	Juego aparejos de pesca
Esponja	Una ración alimenticia/persona.
Ancla flotante	1,5 l agua/persona.
Dos zaguales	Vaso inoxidable
Botiquín	6 tabletas
Silbato	Instrucciones inmediatas
Bengalas	Ayudas térmicas
Señal fumígena	Bolsa mareo
Linterna eléctrica	Cuchillo de muelle
Reflector de radar	Estuche reparaciones
Espejo de señales	Fuelle de aire

Tabla 2-2 Material en balsa salvavidas

Como se puede observar en dicha tabla, un bien escaso sería el agua, existiendo la posibilidad de obtener agua de lluvia con un sistema de recogida que viene incluido en la balsa. El objeto de este trabajo fin de grado es reducir a cero la necesidad de precipitaciones para aumentar la capacidad de supervivencia.

Una vez estas embarcaciones son largadas desde la cubierta y sus tripulantes se encuentran a bordo se quedan navegando a la deriva dirigidas por corrientes, abatiendo por el viento a la espera de ser rescatadas o alcanzar una costa cercana.

2.4 Desalinización

Con objeto de conocer el proceso de desalinización que será realizado, en este trabajo se plasmará una pequeña introducción a los procesos de desalinización comúnmente utilizados, así como unas nociones sobre de agua de mar y la desalinización en España.[U2]

El geólogo Estado Unidense Survey encontró que el 96,6% del agua terrestre pertenece a los mares y océanos y el 1,7% está en los polos. Solamente el 0,8% se considera apta para el consumo humano. El agua, muy abundante en la naturaleza no se suele encontrar en estado puro sino que lleva sales disueltas, atendiendo a esta clasificación [10]:

Tipo de agua	Concentración en sales, c (ppm)
Dulce	$c < 1.000$
Salobre:	
Poco	$1.000 < c < 5.000$
Media	$5.000 < c < 15.000$
Fuerte	$15.000 < c < 35.000$
De mar	$35.000 < c < 45.000$
Salobre	$c > 45.000$

Tabla 2-3 Clasificación aguas saladas

La población mundial tiene un crecimiento considerable, el agua potable se ha convertido en una preocupación mundial. Esto está produciendo que los sistemas de desalinización sufran mejoras constantes para poder abastecer a la población. La desalinización se ha convertido en una fuente de producción de agua potable, comenzando por la desalinización termal desarrollada hace 60 años y continuando con los procesos que utilizan membrana desarrollados en los últimos 40 años.

Como se puede apreciar en la Tabla 2-3 de clasificación de aguas saladas, el agua potable debe de contener menos de 1000 mg/L de sales disueltas. El proceso de desalinización consiste en retirar sales que se encuentran disueltas para hacerla apta para el consumo humano. Los sistemas de desalinización se pueden dividir en dos grupos, procesos térmicos o procesos con membrana. Los procesos térmicos han sido usados desde hace cientos de años para producir agua potable, pero las grandes plantas de destilación comenzaron a funcionar en torno a 1950.

Un punto importante es la utilización de la sal excedente en los procesos de desalinización. Esta debe aprovecharse para la obtención de energías u obtención de otros elementos, en caso contrario se perjudicaría al medio ambiente.

El mar nos ofrece unas posibilidades inimaginables, entre ellas, obtener agua dulce. La desalinización de agua de mar es una gran solución al problema de escasez de agua. Hay que tener en cuenta que en el propio ciclo hídrico natural del agua, durante el proceso de evaporación de agua de mar, ya existe el fenómeno de desalinización [11].

2.4.1 Desalinización en España

España posee 14 cuencas hidrográficas: Duero, Ebro, Guadalquivir, Guadiana, Júcar, Norte, Segura, Mediterránea Andaluza, Atlántica Andaluza, Tajo, Galicia Costa, Cuenca interna País Vasco, Cuenca interna Cataluña y Canaria.

Según las estadísticas el 80% de agua que se consume en España es para usos agrícolas, el 10% se consume en usos urbanos y el 10% en usos industriales. El consumo se va incrementando con el paso del tiempo, y hay zonas que sufren escasez y cortes de agua.

Las primeras desalinizadoras de agua de mar se construyeron en Ceuta en 1966 y Alcudia. Vista la necesidad de agua en las Islas Canarias se construyeron las plantas desalinizadoras que actualmente generan el 95% de la producción nacional de agua desalinizada. La Tabla 2-3 [10], muestra las plantas desalinizadoras que se encuentran actualmente activas en España.

Situación	Producción (m³/día)
Las Palmas III	58.000
Bahía de Palma	53.000.
Costa del Sol Occidental	45.000
Las Palmas –Telde	37.000
San Tugores	35.000
Bajo Almanzora	30.000
Mancomunidad del Sureste	25.000
Maspalomas II	24.000
Adeje-Arona	20.000
Maspalomas I	18.500

Tabla 2-4 Plantas desalinizadoras en España

2.4.2 Técnicas de desalinización.

Existen numerosas técnicas para obtener agua dulce a partir de agua salada, en los siguientes apartados serán descritas brevemente las más aplicadas. El objetivo de estas descripciones es introducirnos en el contexto de la ósmosis inversa que es la que se usará en este trabajo.

2.4.2.1 Destilación.

Es el proceso más sencillo y rudimentario. Consiste en calentar agua en un tanque hasta que esta se evapora separándose de las sales para posteriormente hacer que condense en un contenedor distinto. La desventaja de este proceso es que es muy ineficiente en términos de energía.

2.4.2.2 Destilación Multi-efecto (MED).

El objetivo de este proceso es proporcionar calor para conseguir la evaporación del agua salada. Este calor se obtiene de un vapor que se introduce en unas cámaras donde está el agua salada. Para que tenga lugar la transferencia de calor entre el agua salada y el vapor, se reduce la presión de la cámara de ebullición. El proceso consta de varias etapas, en cada uno de ellos se utiliza el vapor de la etapa anterior para calentar su salmuera.

2.4.2.3 Evaporación súbita (MSF).

Este también es un proceso multietapa. El agua se calienta bajo presión evitando la vaporización, posteriormente la introducimos en otra cámara con una presión menor, con lo que tiene lugar una evaporación súbita. El vapor obtenido se condensa y se recoge. La temperatura de la disolución disminuye al evaporarse. La salmuera que sale de la última cámara, se hace circular por los tubos de

condensación de las primeras etapas cediendo calor. En este proceso la evaporación en las diferentes etapas se consigue rebajando la presión por debajo de la presión de vapor.

2.4.2.4 Compresión de vapor (VC).

Generalmente este proceso se combina con otros como la MED explicada en la sección 2.4.2.2 y en solitario para pequeñas desalinizaciones. El calor para evaporar el agua viene de un compresor de vapor en vez de un intercambio directo de temperatura entre una corriente de vapor producida en un evaporador.

En una compresión de vapor mecánica, el compresor actúa gracias a un motor diesel o a un motor eléctrico.

2.4.2.5 Ósmosis inversa.

En los procesos de ósmosis inversa se descarta la utilización de calor para la obtención de agua dulce. Utiliza una membrana semipermeable para la filtración del agua salada. Se caracteriza por ser el método más eficiente energéticamente hablando. Esta es la técnica utilizada en este trabajo por lo que se explicará más en profundidad en el apartado 2.5.

2.4.2.6 Electrodialisis.

Se utilizan membranas como en el proceso de ósmosis inversa, se hace pasar una corriente eléctrica a través de una disolución iónica, los iones negativos se desplazarán hacia el electrodo positivo, a su vez, los iones positivos lo harán hacia el electrodo negativo. Entre ambos electrodos se colocan membranas semipermeables que permiten selectivamente sólo el paso de Na^+ o Cl^- . El agua que se encuentra entre estas membranas se desaliniza progresivamente hasta obtener agua dulce.

2.4.3 Consideraciones energéticas.

Está establecido que el mínimo de energía requerido para desalinizar el agua es $0,7 \text{ kWh/m}^3$. Esto es cierto, pero hay algo que no se tiene en cuenta, ya que se asume que el volumen de agua de mar es infinito. Los sistemas de desalinización tienen que trabajar con un caudal finito de agua de mar, normalmente bombeado, si la salmuera es devuelta al mismo recipiente de donde se obtuvo el agua entrante, llegará un momento que la concentración aumentará, produciendo un aumento del coste energético.

El porcentaje de agua dulce obtenida por la entrante de mar en el sistema es conocido como “recovery ratio”. Obviamente para minimizar la cantidad bombeada de agua de mar conviene obtener la máxima cantidad de agua potable posible, pero, hay que tener en cuenta que cuanto más concentrada es la disolución más energía se necesita para obtener el agua potable.

La separación de agua dulce de agua salada es un proceso reversible, en el sentido de que volviendo a mezclarlos liberará la misma energía teórica que usamos para separarlos. Así, el proceso debe obedecer la Segunda Ley de la Termodinámica, lo que significa que la energía mínima requerida para obtener agua dulce es la misma, independientemente del método de desalinización utilizado para lograr la separación.

La consideración de la energía mínima teórica es útil en el diseño de sistemas de ósmosis inversa, pero como se ve reflejado en la Tabla 2-5, la tecnología de desalinización realizada de forma práctica es, por ahora, lejos de ser ideal.

Consumo de energía equivalente eléctrico (KWh/m ³)	
MSF	15,5
MED	6,5
Compresión por vapor	8-14
Ósmosis inversa	4-7

Tabla 2-5 Energía consumida para desalinización de agua

2.5 Ósmosis inversa

La ósmosis inversa es un tipo de filtración utilizando membranas semipermeables. En este modelo de filtración únicamente permite el paso de moléculas de agua. Cuando una membrana de este tipo tiene agua salada en un lado y agua dulce en el otro, en ausencia de presión el agua dulce se desplazaría hacia la sección de la membrana donde se encuentra el agua salada. Este es el proceso natural de la ósmosis utilizado en las células de los seres vivos. En la desalinización utilizamos una bomba que ejerce presión para que la ósmosis suceda en el sentido contrario, que es lo que se conoce como ósmosis inversa.

Generalmente es necesario en torno a 26 bar para desalinizar mediante ósmosis inversa. En la práctica se usa una presión mayor para conseguir un flujo superior de agua dulce. Este producto de agua dulce se conoce como permeado. En la (figura 2-2) [7], se encuentra un sistema simple de ósmosis inversa. En primer lugar se obtendría agua del mar con una bomba que tiene doble función, transportar el agua al desalinizador y aumentar la presión de esta. Posteriormente se introduce el agua a presión por la membrana semipermeable del equipo de ósmosis inversa. Finalmente se obtienen dos productos. Uno es el permeado y otro es la salmuera. La salmuera es agua más concentrada en sales que la que se introdujo en la bomba, ya que incluye las sales retiradas del permeado, esta se devuelve al mar.

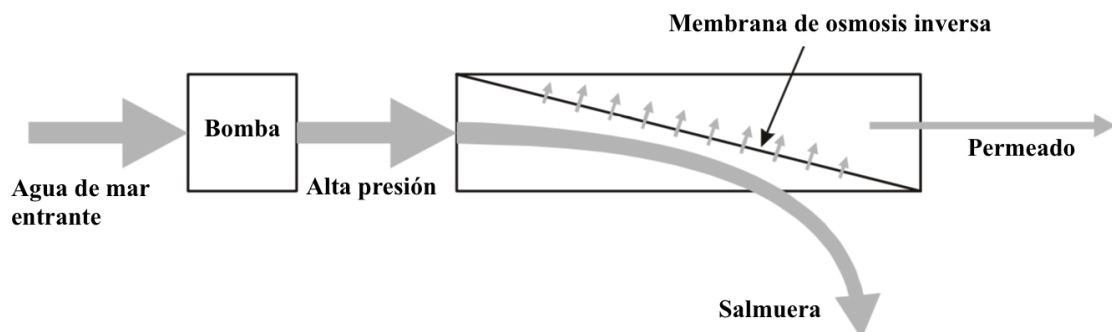


figura 2-2 Esquema simple de ósmosis inversa

2.5.1 Membranas

El principio de funcionamiento de la ósmosis inversa consiste en la aplicación de una alta presión en la entrada de los tubos de presión que contienen las membranas. Estas membranas separan el agua de entrada en dos flujos: permeado y rechazo. El polímero del que están constituidas las membranas forma una red de filtros que el agua salada deberá recorrer para alcanzar el lado permeado. Las membranas de ósmosis inversa pueden rechazar pequeños contaminantes e iones monovalentes, mientras que otras membranas, incluyendo nanofiltración (NF), ultrafiltración (UF) y microfiltración (MF) son diseñadas para retirar materiales de un tamaño superior, como se indica en la figura 2-3 [7].

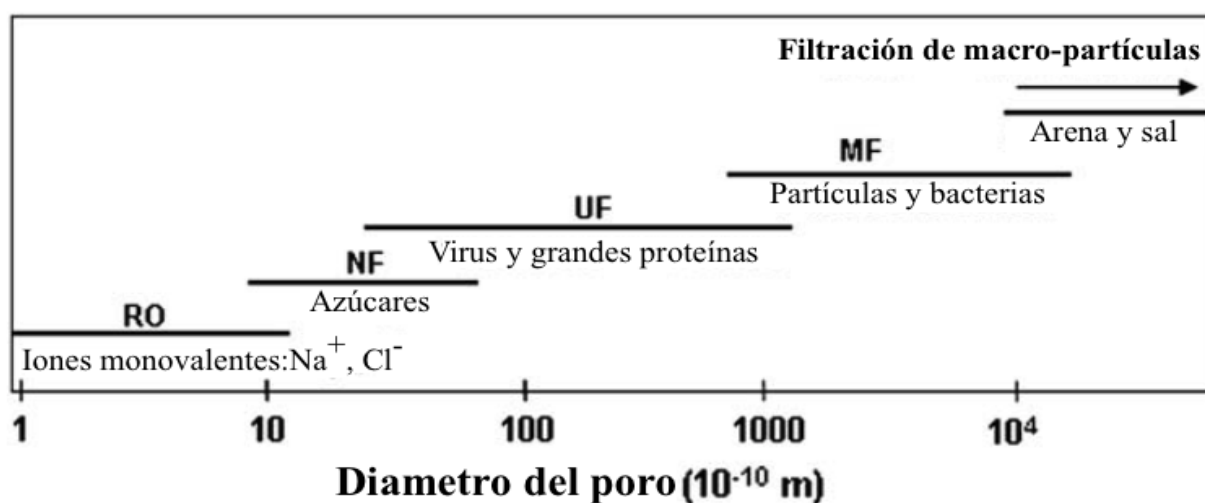


figura 2-3 Rango de diámetros de membranas comerciales

Las membranas que utiliza este sistema son semipermeables. Este tipo de membranas permite el paso preferencial de ciertas sustancias presentes en una disolución frente a otras. Estas membranas fueron desarrolladas durante 1950-1960. La desalinización por ósmosis inversa fue comercializada en los años setenta y está estimado que represente el 61% en 2015 de la producción mundial [12].

A día de hoy es más común el uso de la membrana tipo espiral para la realización de la ósmosis inversa. La membrana tiene forma de lámina, dos membranas son colocadas en forma de espiral dejando un espacio entre ambas. El agua a presión entrará por la parte exterior atravesando la membrana hasta llegar a ser agua potable en el centro de esta espiral. Este centro está unido a un tubo de recogida de agua dulce.

La ósmosis inversa tiene numerosas ventajas, pero, las más valoradas incluyen bajo consumo energético, baja temperatura de operación, diseño modular y bajos precios en la producción de agua. De cualquier manera la producción depende del estado de la mar con el que se alimente la planta y el estado mecánico de esta.

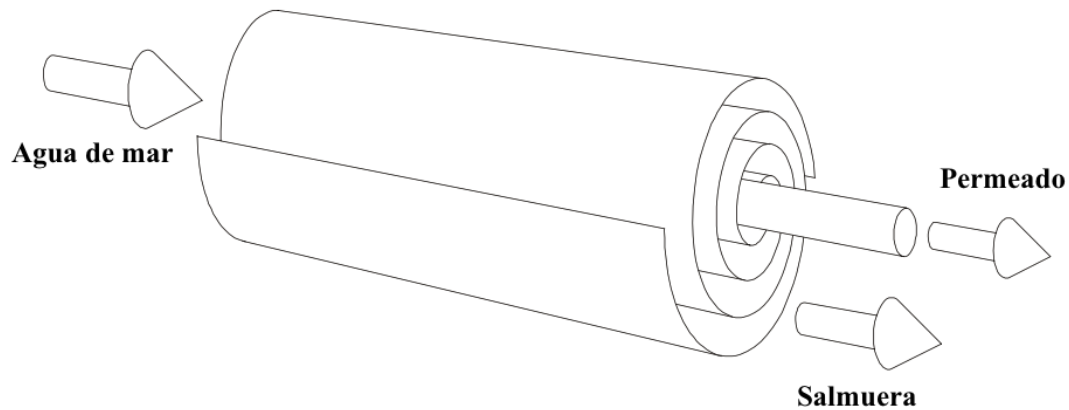


figura 2-4 Membrana tipo espiral

Esta membrana (figura 2-4 [7]) es introducida dentro de unos tubos en los que entra el agua a presión. Normalmente estos tubos están conectados en serie o paralelo para conseguir la capacidad deseada. Grandes plantas de desalinización por ósmosis inversa tienen cientos de tubos. La figura 2-5 [13] representa un módulo de ósmosis inversa, dentro de los tubos mostrados en la figura es donde se introducen las membranas tipo espiral.

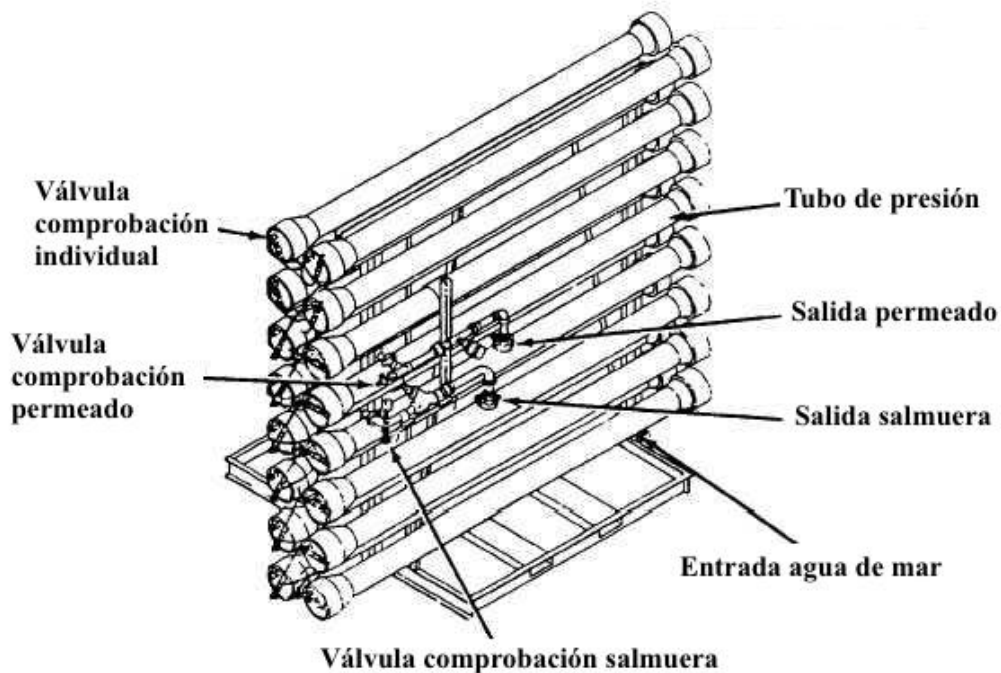


figura 2-5 Bloque de ósmosis inversa

Un factor muy significativo a la hora de realizar este proceso es la presión del agua, que junto con la temperatura son las variables más notables. Un incremento de 4°C incrementará en un 10% el agua dulce obtenida, asumiendo que el resto de factores permanecen constantes.

2.5.2 Equipos de ósmosis inversa

Existen una gran cantidad de equipos de ósmosis inversa en el mercado. Desde sistemas que

proporcionan agua a ciudades y poblaciones enteras hasta sistemas que son portables, capaces de obtener agua potable en cualquier posición alrededor del globo que se tenga acceso al mar.

Para realizar una clasificación de estos se han dividido en dos grupos, en base a su utilización:

- Equipo marino de ósmosis inversa.
- Equipo terrestre de ósmosis inversa.

A su vez los equipos marinos se pueden dividir en los siguientes:

- Grandes producciones.
- Pequeñas producciones.

Dentro de los anteriores, en este trabajo se seleccionará uno que se pueda usar en el mar, que consuma la mínima energía posible y que sea de fácil manejo. Por lo tanto, uno de pequeñas producciones.

A día de hoy no existe ninguno de estos equipos que se use en balsa salvavidas. Generalmente se utiliza uno manual o como es nuestro caso se embarca una pequeña cantidad de agua a bordo. La segunda opción es más osada, ya que nunca se sabe lo que podría suceder en la mar, así como cuánto tiempo estará la balsa a la deriva. El elemento principal del diseño será el desalinizador. Se realizó un estudio de los desalinizadores en venta más aptos para embarcados en una balsa, buscando un consumo que pueda ser asumido por placas fotovoltaica portátiles.

Equipo	Producción (l/h)	Consumo (W/l)	Potencia (W)	Peso (Kg)
Katadyn survivor 40E	4,4	10,9	48	11,3
Spectra water Ventura 150	24	4,5	108	29,5
Oasi watermaker	35	5,7	200	26

Tabla 2-6 Sistemas portátiles de ósmosis inversa

Después de analizar los equipos de la Tabla 2-6 se seleccionó Katadyn survivor [5]. En base a los siguientes criterios: El menor peso, menor energía necesaria, menor tamaño y mantenimientos más reducidos.

El punto más importante es hacer que funcione en condiciones poco favorables de irradiación por lo tanto es el más adecuado ya que necesita menos energía para comenzar a trabajar.

La desventaja que tiene este equipo es la baja eficiencia energética respecto a los otros dos, pero, tiene una producción más que aceptable para las necesidades de una balsa salvavidas.

En el caso de no tener la irradiación solar necesaria para hacer que funcione la bomba que viene implementada en el desalinizador tiene otra ventaja, puede ser utilizado de manera manual.

2.6 Energía solar fotovoltaica

El fundamento de la energía solar fotovoltaica es el efecto fotoeléctrico o fotovoltaico, que consiste en la conversión de la luz en energía eléctrica. Este proceso se consigue con algunos materiales que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

Para las células fotovoltaicas, una rejilla semiconductor recibe un tratamiento químico especial para formar un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro. Cuando la luz solar incide en la célula, los electrones son desplazados del material semiconductor.

Si ponemos conductores eléctricos tanto del lado positivo como del negativo de la rejilla, formando un circuito eléctrico, los electrones pueden ser capturados en forma de electricidad.

Esta electricidad puede ser utilizada para suministrar energía a una carga, por ejemplo para encender una bombilla. La conjunción de varias células conectadas eléctricamente entre si y montadas en una estructura de apoyo o marco, se llama módulo fotovoltaico.

Varios módulos pueden ser conectados unos con otros para formar un campo solar. Los módulos producen electricidad en corriente continua, pudiendo ser conectados en serie o en paralelo para conseguir el voltaje que se requiera.

Existen fundamentalmente dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica: instalaciones aisladas de la red eléctrica y centrales de generación conectadas a la red.

- Sistemas aislados de energía solar fotovoltaica:

Los sistemas aislados se componen principalmente de captación de energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos y almacenamiento de la energía eléctrica generada por los paneles en baterías o su utilización directamente sin estas.

- Sistemas fotovoltaicos conectados a red:

Esta aplicación consiste en generar electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos e inyectarla directamente a la red de distribución eléctrica. Actualmente, en países como España, Alemania o Japón, las compañías de distribución eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por estas centrales fotovoltaicas.

Una célula típica es 10 por 10 cm y produce unos pocos vatios de corriente continua con una estimación 0,5 voltios. Para conseguir mayor potencia y voltajes, las células son conectadas en serie para crear paneles, como ya se dijo anteriormente. Un módulo estándar está formado por 36 células conectadas en serie. Esto crea un voltaje que es óptimo para la carga de baterías de 12V.

2.6.1 Costes^[VAP3]

En este apartado se procederá a analizar la variación de los costes que han sufrido los módulos fotovoltaicos en estos últimos años. Esto es debido al desarrollo tecnológico y la investigación en este campo, ya que autoconsumo es sinónimo de ahorro. Entre otros aspectos también se tratará la rentabilidad de los paneles fotovoltaicos respecto al uso de motores de combustión interna para obtener electricidad.

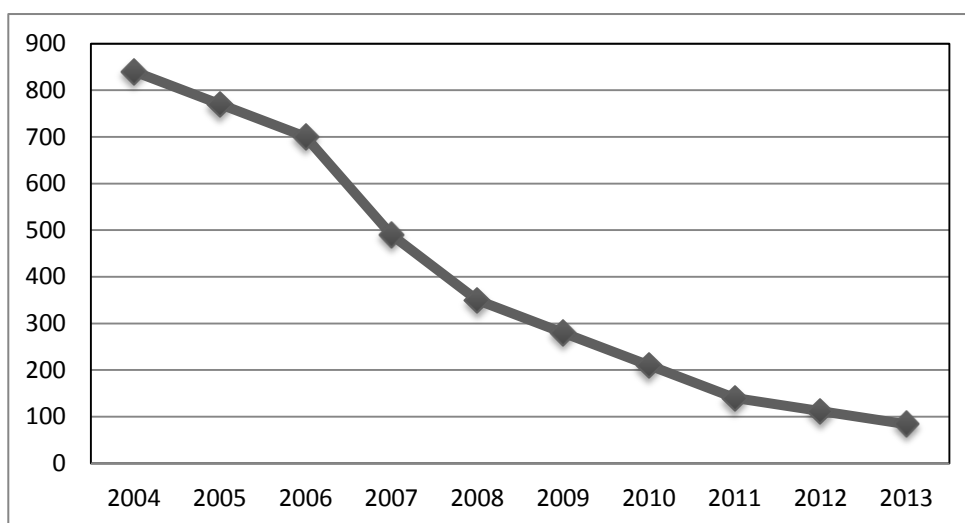


figura 2-6 Variación precio panel 140W

Como se puede observar en la figura 2-6 el precio en € de los paneles solares con el paso de los años está disminuyendo cuantiosamente y la tendencia muestra la gráfica es que va a seguir siendo así.

Los costes aún son considerables, pero hay situaciones en las que puede ser una opción muy competitiva. Normalmente se dudará entre un panel fotovoltaico o un motor diesel. En la segunda opción se deberá tener en cuenta tanto mantenimientos como combustible. El precio del kW obtenido con motores de combustión interna aumenta con el tiempo debido al aumento de precio del combustible, mientras que el kW obtenido mediante paneles solares permanece prácticamente constante.

2.6.2 Materiales

Debemos destacar que la ciencia que contempla la energía fotovoltaica está avanzando a pasos agigantados. A día de hoy existen principalmente tres materiales semiconductores con los que se realizan las células fotovoltaicas. El material influye en su efectividad así como en el precio que tendrán las células. Los principales materiales que se pueden encontrar en el mercado son:

2.6.2.1 Silicio puro monocristalino.

Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para este tipo de paneles siendo en los comercializados del 18%.

2.6.2.2 Silicio puro policristalino.

Los materiales son básicamente los mismos que en el apartado anterior, pero, el proceso de cristalización del silicio ha sido de una manera distinta. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Con este tipo de material obtenemos un rendimiento menor en torno 14 % en módulos comerciales, siendo su precio más barato que el de los anteriores.

2.6.2.3 Silicio amorfo.

Los paneles de este tipo también contienen silicio, pero, al contrario que los anteriores no tiene estructura cristalina alguna. Son los utilizados en aparatos electrónicos, como calculadoras. Su rendimiento en módulos comerciales es del 8%.

A continuación se puede observar imágenes de los distintos tipos de panel.

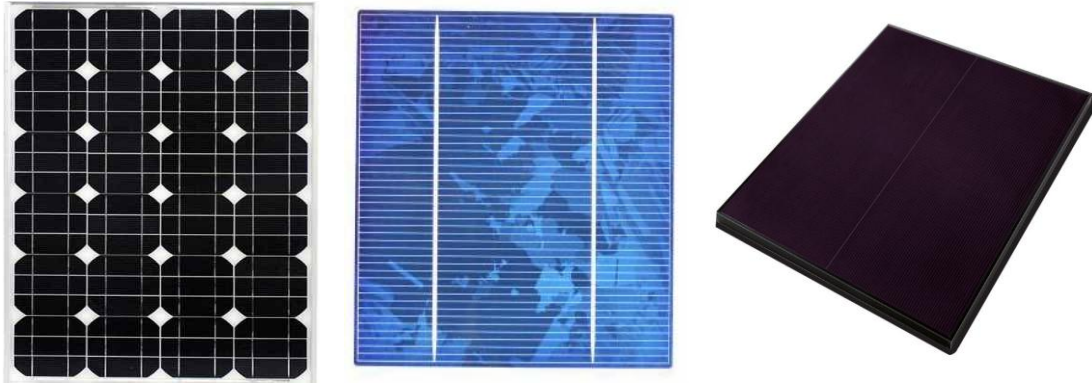


figura 2-7 de derecha a izquierda: panel monocristalino [14], policristalino [15] y amorfo [16]

2.6.3 Características paneles solares.

Un módulo fotovoltaico suele trabajar dentro de un rango determinado de valores de intensidad y voltaje, dependiendo de la intensidad de radiación solar recibida, de la temperatura alcanzada en su superficie o el valor de la carga eléctrica que alimenta.

Las prestaciones de los módulos que aparecen en la información técnica que proporciona cualquier fabricante están obtenidas sometiendo a los módulos a unas *Condiciones Estándar de Medida (CEM)* de irradiancia y temperatura, que son siempre las mismas y son utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares. Estas condiciones son las siguientes:

- Irradiancia solar: 1000 W/m^2 ;
- Distribución espectral: AM 1,5 G;
- Temperatura de célula: 25°C .

No obstante, las condiciones reales de operación de los módulos serán distintas a las estándares anteriores, por lo que habrá que aplicar los correspondientes coeficientes correctores a los procedimientos de cálculos que se realicen. Cada panel tiene su curva característica, el fabricante generalmente proporciona una serie de datos como se ve reflejado en la Tabla 2-7. Esos datos son obtenidos de las curvas siguientes.

La representación estándar de un dispositivo fotovoltaico es la curva característica corriente-tensión (figura 2-8) [17]. La curva representa las posibles combinaciones de corriente y voltaje para un dispositivo fotovoltaico bajo unas condiciones ambientales determinadas, como son la radiación solar incidente y la temperatura ambiente. El punto concreto de corriente y voltaje en el que el dispositivo fotovoltaico trabajará vendrá determinado por la carga a la que esté conectado.

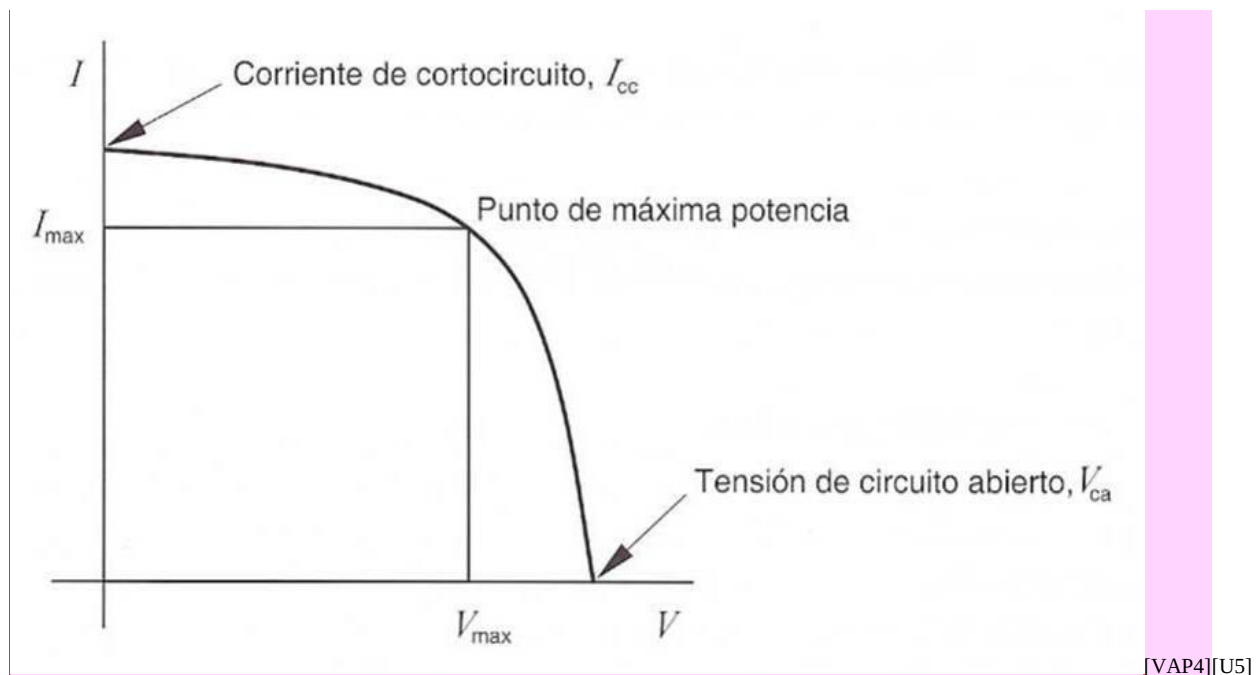


figura 2-8 Curva característica I-V

Los principales parámetros de la curva característica I-V (figura 2-8)son los siguientes:

- Potencia nominal o máxima (P_{MAX}): Es también conocida como potencia pico del panel. Es el valor máximo de potencia que se puede obtener del panel, y se obtiene del producto entre la tensión y la corriente de salida del panel.
- Tensión en circuito abierto (V_{CA}): Es el valor máximo de voltaje que se mediría en el panel o módulo si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo (intensidad de 0 amperios).
- Intensidad de cortocircuito (I_{CC}): Es la máxima intensidad que se puede obtener del panel fotovoltaico (tensión de salida 0 V).
- Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mp} ó $V_{MÁX}$): Es el valor de la tensión en el punto de máxima potencia o potencia pico, que suele ser el 80% de la de vacío.
- Intensidad de corriente máxima (I_{mp} ó $I_{MÁX}$): Es el valor de la corriente en el punto de máxima potencia o potencia pico.

2.6.3.1 Factores que afectan a la curva característica I-V del generador.

La curva característica corriente tensión del generador fotovoltaico se ve afectada por factores ambientales tales como la intensidad de iluminación (irradiancia), la temperatura y la distribución espectral de la luz.

- Efecto de la intensidad de iluminación (irradiación):

En general la irradiancia afecta principalmente a la corriente, de forma que se puede considerar que la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico es proporcional a la irradiancia.

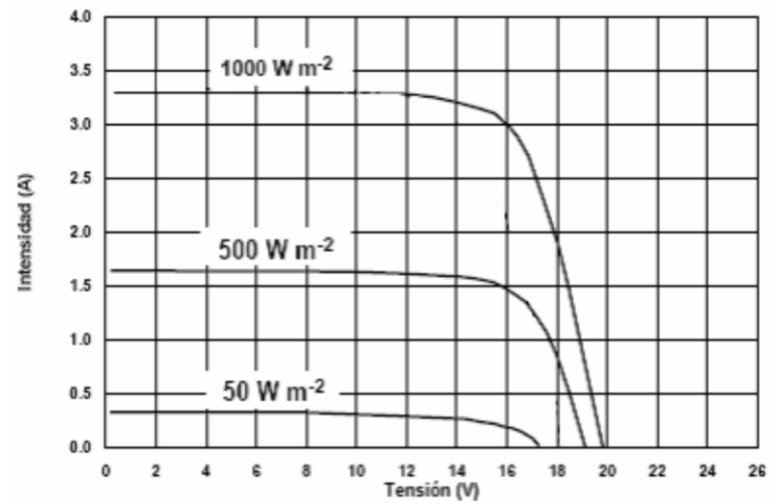


figura 2-9 Efecto de la irradiancia sobre la curva característica I-V de un generador fotovoltaico

Se puede comprobar en la figura 2-9 que a mayor irradiancia obtenemos una mayor corriente de cortocircuito.

La figura 2-9 es válida para variaciones de irradiancia a temperatura constante, y resulta una aproximación cuando ésta varía, ya que supone despreciar los efectos que la temperatura tiene sobre la corriente de cortocircuito.

- Efecto de la temperatura:

La temperatura afecta principalmente a los valores de voltaje de la curva característica I-V, y tiene su mayor influencia en el voltaje de circuito abierto, aunque también modifica los valores del punto de máxima potencia y el valor de corriente de cortocircuito (éste muy ligeramente). En la figura 2-10 se puede observar la variación de la curva característica I-V de un módulo fotovoltaico manteniendo constante la irradiancia.

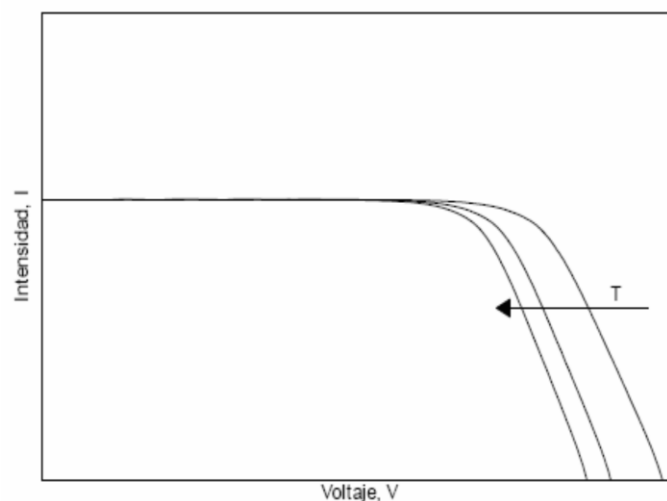


figura 2-10 variación de la curva característica I-V con la temperatura

Existen tres coeficientes α , β y γ que representan la variación de los parámetros fundamentales de la curva característica I-V del generador fotovoltaico con la temperatura. Así, α expresa la variación

de la corriente de cortocircuito con la temperatura, β la variación del voltaje de circuito abierto y γ la variación de la potencia máxima. En general, los fabricantes de módulos FV incluyen en sus hojas de características técnicas los valores de estos tres coeficientes.

En caso de que se desconozcan los valores de los coeficientes, éstos se pueden calcular siguiendo los pasos indicados en la normativa UNE 60891, o se pueden tomar unos valores estándar para una célula de silicio de $\sim 100 \text{ cm}^2$ [18]:

$$\begin{aligned}\alpha &= 1,5 \text{ mA/}^\circ\text{C} \\ \beta &= -2,3 \text{ mV/}^\circ\text{C} \\ (1/P_{\text{MAX}}) \gamma &= -0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- Distribución espectral de la luz:

Dependiendo de la hora de medida y la época del año el espectro presenta pequeñas desviaciones respecto al espectro considerado estándar en la superficie terrestre. Si se realiza una medida del espectro en el momento de tomar la característica I-V puede realizarse una pequeña corrección multiplicando la corriente de cortocircuito por el “factor espectral”, obteniendo de la comparación del espectro estándar y el espectro en condiciones experimentales. Esta corrección suele ser muy pequeña y se utiliza cuando se requiere elevada precisión por tratarse de calibraciones de células o módulos fotovoltaicos

2.6.4 Selección panel fotovoltaico

En este apartado se tratarán los datos que son proporcionados por el fabricante cuando se va a adquirir un panel fotovoltaico. A su vez se compararán los paneles más aptos para nuestro sistema y se seleccionará el más adecuado.

En la Tabla 2-7 [19] se podrá observar un ejemplo de las características del panel fotovoltaico que son proporcionadas por el fabricante.

Modulo A-240P	
Potencia Nominal (0/+5 W)	240 W
Eficiencia del módulo	14,74 %
Corriente Punto de Máxima Potencia	8,21 A
Tensión Punto de Máxima Potencia	29,21 V
Corriente de Cortocircuito	8,73 A
Tensión de Circuito Abierto	37,16 V

Tabla 2-7 características eléctricas panel fotovoltaico

A la hora de seleccionar el panel fotovoltaico se debe tener en cuenta unas determinadas características para el correcto funcionamiento del desalinizador de agua portátil elegido.

- Resistente al agua
- Voltaje 12V
- Portátil
- Tamaño reducido
- Alta eficiencia
- Resistencia situaciones extremas
- Peso

En el mercado existen cuantiosos paneles que cumplen estas características. Dentro de los capacitados se seleccionaron los siguientes como mejores candidatos.

Características	Panel 1	Panel 2
Potencia Nominal	75W	75W
Eficiencia del módulo	17-18%	16-17%
Corriente Punto de Máxima Potencia	3,4A	3,75A
Tensión Punto de Máxima Potencia	22,5V	20V
Corriente en Cortocircuito	4,25A	4A
Tensión de circuito Abierto	28,2V	24,2V
Medidas plegado	48 x 30 x 3 cm	48 x 30 x 2,5 cm
Medidas desplegado	48 x 165 cm	48 x 162 cm
Peso	3 Kg	3,8 Kg
Resistente al agua	Si	Si

Tabla 2-8 Paneles fotovoltaicos plegable alta eficiencia

Ambos son paneles de alta eficiencia, permeables y de tamaños reducidos. Los dos podrían usarse en nuestro sistema de desalinización, pero se optó por elegir el Panel 1. Esta decisión es debida a su menor peso y a que tanto su corriente de cortocircuito como su tensión de circuito abierto son mayores.

2.7 Baterías

Existe controversia en el uso de baterías en los sistemas alimentados por paneles fotovoltaicos. Existe una ventaja innegable que es el posible almacenamiento de energía para poder ser utilizado durante la noche, así como los momentos del día que el cielo puede estar nublado y no obtenemos suficiente radiación solar. Otro aspecto positivo del uso de baterías es que se mantiene la calidad de la producción del agua al trabajar en unas condiciones constantes.

Desafortunadamente las baterías son el punto débil de los sistemas de fotovoltaicos, sobre todo en países cálidos donde estas se ven afectadas negativamente por el clima.

Las baterías más comunes en aplicaciones con paneles fotovoltaicos son las de ácido y plomo. Dentro de las baterías de ácido y plomo, las más empleadas son las que se encuentran en los coches (SLI Starting, lighting and ignition) estas baterías están diseñadas para aportar una carga alta en un período breve de tiempo, por lo tanto, es desaconsejable su uso en la mayoría de aplicaciones que nos podría aportar los paneles fotovoltaicos. Las baterías SLI son más usadas debido a que su peso y tamaño son adaptables a la mayoría de los sistemas, a su vez son más caras que baterías alternativas.

El utilizar baterías también significa un coste energético. En la recarga de este tipo de baterías solamente se aprovecha entorno al 85% de la energía obtenida por los paneles, por lo tanto habría que se debe tener en cuenta esta pérdida a la hora de dimensionar un equipo que utilice acumuladores [20].

Otro aspecto negativo es que aumenta los mantenimientos perdiendo parte de la ventaja que tenía respecto a los motores de combustión interna.

2.7.1 *Principio de funcionamiento baterías.*[VAP6]

El funcionamiento de las baterías es el siguiente:

La batería está hecha de celdas individuales conectadas en serie. Cada celda produce 2.1 voltios cuando está cargada completamente.

La batería normal de 12 voltios tiene 6 celdas ($6 \times 2.1 = 12.6 \text{ v}$).

Los elementos que trabajan de las celdas de las baterías son las placas positivas y las placas negativas. Las placas están colocadas alternativamente entre separadores de plástico (placa negativa, separador, placa positiva, separador, placa negativa etc.), todas las placas positivas se conectan a un lado y todas las placas negativas se conectan al otro lado.

Las placas se sumergen en electrolito, que es una mezcla de ácido sulfúrico y agua. Una trampa para sedimento abajo de las placas evita que pedacitos de plomo de las placas u otras partículas puedan quedar atrapadas entre dos placas, haciendo cortocircuito en esa celda de la batería.

Es importante saber que la batería no “almacena” electricidad. Durante la carga, la energía eléctrica producida por el alternador, se convierte en energía química dentro de la batería. Cuando la batería entrega corriente, la energía química se convierte en energía eléctrica [21].

En la figura 2-11 se puede observar los elementos principales una batería.

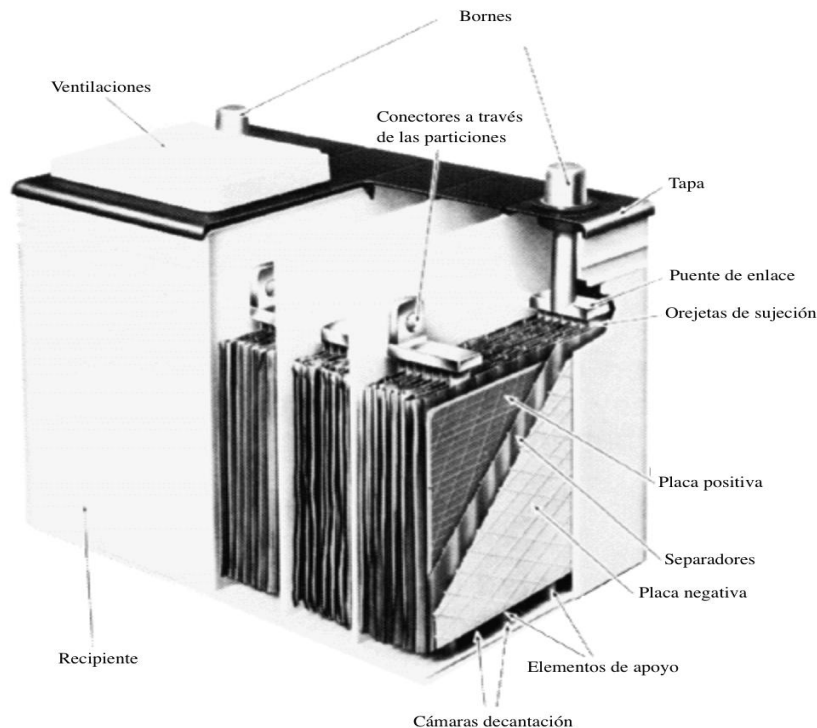


figura 2-11 Elementos de una batería

Ahora se procederá a explicar sus componentes principales con detalle:

- **Bornes:** Cada una de las partes metálicas donde se produce la conexión con el circuito eléctrico exterior a la batería.
- **Ventilaciones:** Su función es la salida de gases.
- **Tapa:** De material plástico o moldeado con engaste o soldadura hermética.
- **Puente de enlace:** Para unir un grupo de placas.
- **Separadores:** Van dispuestos entre cada placa para evitar cortocircuitos y deben de dejar que el electrolito circule libremente, y ser de una constitución química tal, que sean resistentes al ácido electrolito. Son de material plástico.
- **Cámaras decantación:** Donde se depositan los residuos de la reacción química, se encuentran entre los apoyos de las placas.
- **Recipiente:** De material plástico moldeado dividido en tres o seis elementos.
- **Placa positiva:** Se componen de una armadura de aleación de plomo y constan de gran cantidad de mallas que forman compartimentos llenos de pentóxido de plomo.
- **Placa negativa:** Todas las placas se componen de una armadura de aleación de plomo, y constan de gran cantidad de mallas que forman compartimentos llenos de plomo activo.

Los pasos que se siguen en el funcionamiento de la batería se muestran en la figura 2-12. Se ha representado el funcionamiento durante el proceso de descarga, en el que el transporte de cationes es de ánodo a cátodo, el transporte de aniones es de cátodo a ánodo y la circulación de electrones es de ánodo a cátodo. En el proceso de carga las reacciones se invierten, y por tanto también el transporte de iones [22].

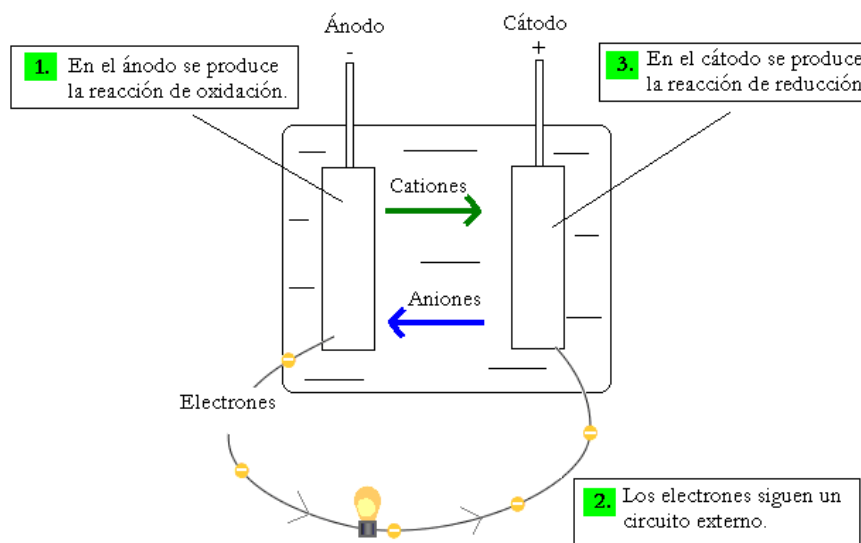


figura 2-12 Funcionamiento batería durante descarga

Durante el funcionamiento de una batería, si por ejemplo el proceso de carga se mantiene durante el tiempo suficiente, la batería agota las especies necesarias para su funcionamiento. En ese momento es necesario proceder a la carga de la batería invirtiendo las reacciones.

2.7.2 Selección batería

Para seleccionar una batería apta para el sistema de desalinización se debe de tener en cuenta una serie de características:

- Peso
- Voltaje 12v
- Pequeñas dimensiones
- Intensidad de salida de corriente de 4A
- Mantenimientos
- Montaje sencillo
- Capacidad
- Resistencia al agua

Posteriormente a realizar un estudio de las baterías que están a la venta en el mercado se hallaron las siguientes como las más aptas para nuestro sistema de salvamento marítimo.

Batería	Peso	Voltaje	Dimensiones	mantenimiento	Capacidad
LiFePO₄	1,2 Kg	12 V	15,1x6,2x9,5cm	no	9Ah
LFP 10 +	1,9Kg	12V	21,4x17,2x9.8cm	no	10Ah

Tabla 2-9 Selección batería

Como puede observarse ninguna es de plomo. El uso de las baterías LiFePO_4 es relativamente moderno, en comparación con las baterías de plomo ácido ofrecen una mayor potencia y capacidad en un recipiente más ligero. También resisten una mayor cantidad de ciclos de carga. Su uso más frecuente es en coches híbridos y bicicletas eléctricas aunque están comenzando a usarse también con paneles solares. Su relación peso/capacidad soluciona los problemas de una baja irradiación durante un instante determinado y así poder almacenar esa energía.

La primera batería señalada en la Tabla 2-9 es una batería estándar, en cambio la segunda se encuentra dentro de una carcasa, esto la hace más portable. Entre otros aspectos positivos de la segunda batería es su impermeabilidad al ser la carcasa estanca. Esta puede ser expuesta a la lluvia y al agua que se encontrará en la balsa salvavidas, mientras que la primera no lo es. En cuanto a dimensiones y peso es más apta la primera batería, aún así la batería de LiFePO_4 LFP10 + tiene integrado en su interior un controlador de carga, con lo que no se tendrá que añadir con posterioridad.

Otro aspecto positivo del segundo ejemplo es que usa la tecnología MPPT con el controlador de carga integrado dentro de la batería. La tecnología MPPT será explicada la sección 3.1.6

2.8 Sistemas de ósmosis inversa alimentados con paneles fotovoltaicos

Debido al aumento de la población, la disminución de las cuencas fluviales y la sequía que sufren algunas áreas del planeta existen empresas que han llevado sus sistemas de ósmosis inversa alimentados por paneles fotovoltaicos a estos lugares donde era transportada el agua por camiones cisterna o donde no disponían de una red eléctrica en condiciones para este tipo de equipos.

Las zonas geográficas idóneas para este tipo de elemento son África Subsahariana, América del Sur, incluso Oriente Medio. Ya que disponen de una gran irradiancia solar. El Instituto Técnico de Canarias ideó un sistema de desalación por ósmosis inversa que ya ha instalado en cinco países extranjeros. Concebido para poblaciones entre 1-1500 habitantes [23].

Existen sistemas de ósmosis inversa portátiles alimentados con paneles fotovoltaicos, estos suelen estar embarcados en barcos de recreo. Estos navíos disponen de energía solar, pero normalmente también llevan a bordo un motor de combustión interna.

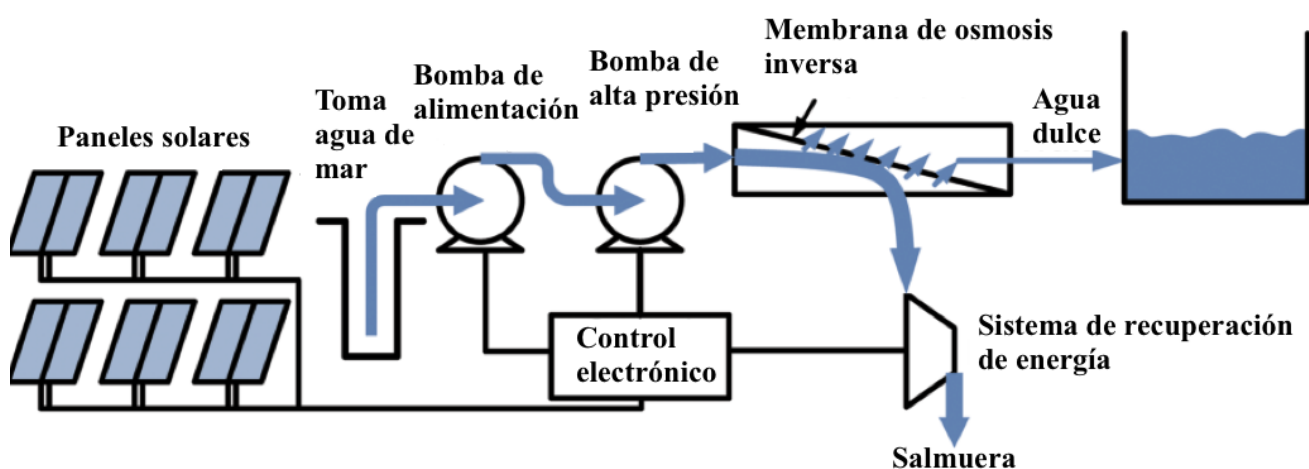


figura 2-13 Sistema de ósmosis inversa alimentado por FV

En la figura 2-13 se puede observar el funcionamiento general de un sistema de ósmosis inversa alimentado por paneles fotovoltaicos. Estos paneles obtienen la energía que es manejada por los elementos electrónicos, en este apartado se incluyen las baterías y el controlador de carga.

Esta energía es utilizada por dos bombas. Una obtiene el agua del mar y la otra proporciona la presión necesaria para realizar la ósmosis inversa en el interior del equipo. El agua dulce obtenida es dirigida a un tanque de almacenamiento.

La salmuera se utiliza en ciertos casos. Algunos equipos de ósmosis inversa incorporan sistemas de recuperación de energía, estos aprovechan la presión de la salmuera saliente para reducir el trabajo realizado por la bomba de alta presión. Su objetivo es disminuir el coste energético del filtrado y ser más eficientes energéticamente.

3 DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 Descripción del apartado

En este apartado se dimensionará cada elemento para así asegurar que el sistema cumpla con las expectativas. A su vez se explicará con profundidad cada elemento seleccionado. Se validará el montaje físico del panel fotovoltaico en la balsa salvavidas teniendo en cuenta sus dimensiones.

Los elementos utilizados en el estudio son los siguientes:

- Balsa salva vidas
- Sistema de ósmosis inversa
- Panel fotovoltaico
- Batería
- Controlador de carga

3.1.1 Balsa salvavidas

La balsa salvavidas utilizada es una Zodiac xtrem para 12 personas (figura 3-2) [24]. Esta se encuentra dentro de unas canastas que son lanzadas a la mar en momento de abandono de buque. Estas canastas, que generalmente están hechas firme a la cubierta principal del buque (figura 3-1) [24], tienen un mecanismo que hace que se hinchen automáticamente y se desprendan de la carcasa. Los contenedores son de plástico reforzado con vidrio luz. Estos pueden ser lanzados desde una altura de 35 metros. La sección de la balsa que se encuentra fuera del agua está conformada de tela recubierta de poliuretano, su principal función es la de aislante térmico.

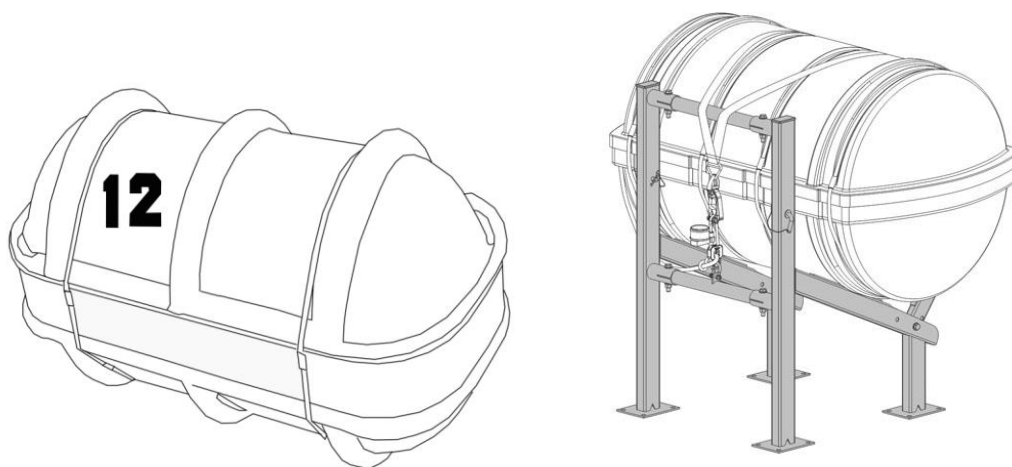


figura 3-1 contenedor en soporte

Para poder colocar los paneles fotovoltaicos en la parte exterior de la balsa, se estudió la posibilidad de realizarlo mediante velcros de alta calidad. Las ventajas de hacerlo con este método es que no afecta al diseño de la balsa. Al ser su material principal tela se coserían estos velcros para así poder orientar estas placas fotovoltaicas en una dirección u otra, alcanzando la posición más óptima para la obtención de la máxima radiación posible. Otra ventaja es que los velcros se coserían y posteriormente se introduciría la balsa en el contenedor, esto no afecta a penas al tamaño por lo que no habría que cambiar el contenedor de la balsa. Otra opción es un soporte, pero, al ser ligeros los paneles solares seleccionados es más efectivo colocarlos sobre la tela de la balsa, así se ahorra espacio y peso al no tener que portar estos soportes.

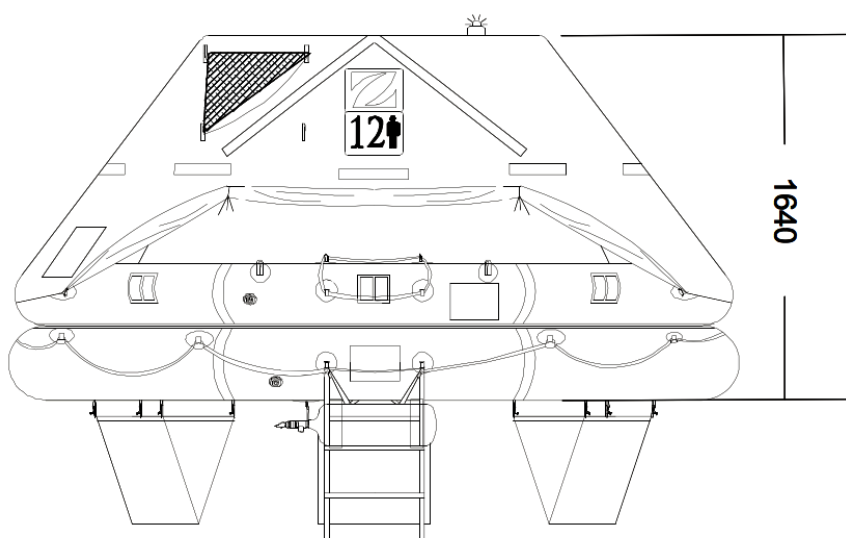


figura 3-2 Balsa salvavidas 12 personas

3.1.2 Sistema de ósmosis inversa

El equipo portable para la realización de la ósmosis inversa es el proporcionado por la empresa Katadyn. El modelo en cuestión es Katadyn Power Survivor 40E [5]. Es un pequeño sistema de ósmosis inversa utilizado en barcos de recreo. Es un equipo simple, compacto y que necesita poco mantenimiento. Un aspecto positivo es su peso, tan solo 11 Kg. El equipo cuenta con una bomba interna alimentada con 4 amperios que aumenta la presión del agua hasta los 55 bares para realizar el proceso de ósmosis inversa. Cuanta menos diferencia de altura exista entre el sistema de ósmosis inversa y el mar se conseguirá un aumento de la eficiencia, ya que no se desperdiciará potencia bombeando agua hasta la membrana.

Este desalinizador (figura 3-3 [5]) tiene una producción de 4,4 l/h recibiendo una corriente de 4A con un voltaje de 12V. Esta es una producción aproximada ya que depende de tres aspectos principales: temperatura, estado de la mar y la salinidad. Como muestra la Tabla 3-1, hace falta poca potencia para obtener la cantidad de agua necesaria para la tripulación de la balsa.



figura 3-3 desalinizador katadyn powersurvivor 40E

El interior del desalinizador se encuentra con una bomba de desplazamiento positivo de alta presión. Como ya se dijo anteriormente la bomba es alimentada con un voltaje de 12V corriente continua. Un sistema de engranaje consigue cambiar el movimiento rotacional de la bomba por uno lineal, para hacer funcionar un pistón que aumenta la presión a 55 bares del agua procedente del mar.

Cuenta con un sistema de recuperación de energía que aparece en la figura 3-4 [5]. Generalmente se aprovecha un 10% del agua entrante en el equipo de ósmosis inversa, el resto de agua es devuelta al mar. Con este sistema se utiliza la presión que tiene la salmuera para mover el pistón aumentando la presión del agua entrante para hacer que pase por la membrana semipermeable. El agua del mar es presurizada disminuyendo el trabajo realizado por la bomba, ya que la salmuera ejerce presión a su vez.

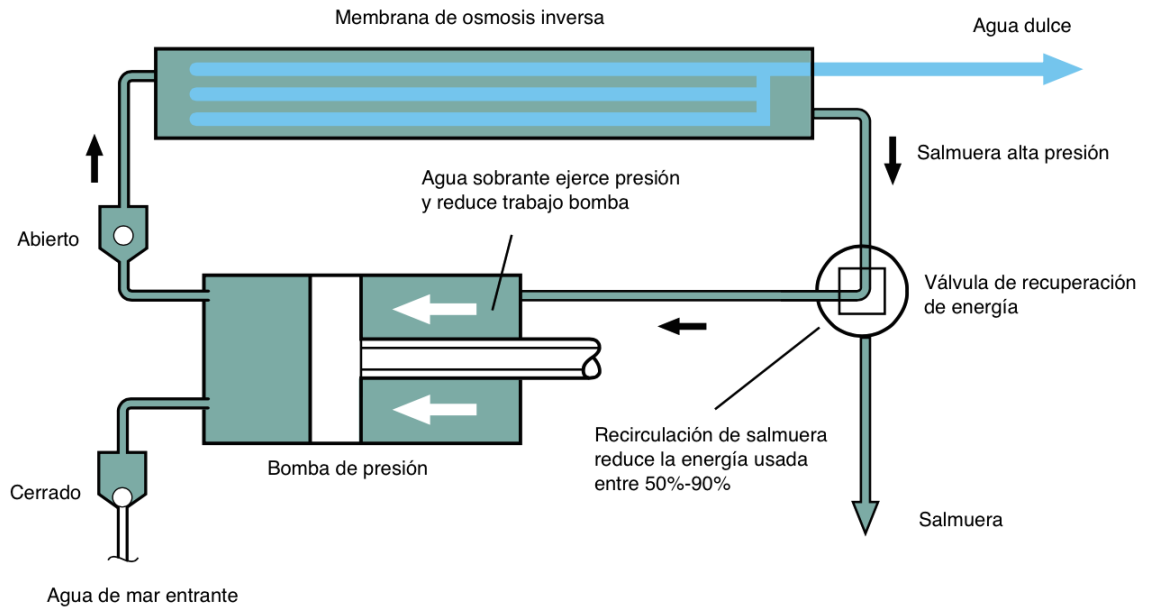


figura 3-4 Sistema recuperación energía

Como se observa en la figura 3-5 [5], el desalinizador tiene una entrada de agua de mar, una salida del permeado que se recoge en un recipiente y otra salida de salmuera que se utiliza para el sistema de recuperación de energía y posteriormente se devuelve al mar. A su vez, tiene unas dimensiones que permite que sea transportado con relativa facilidad.

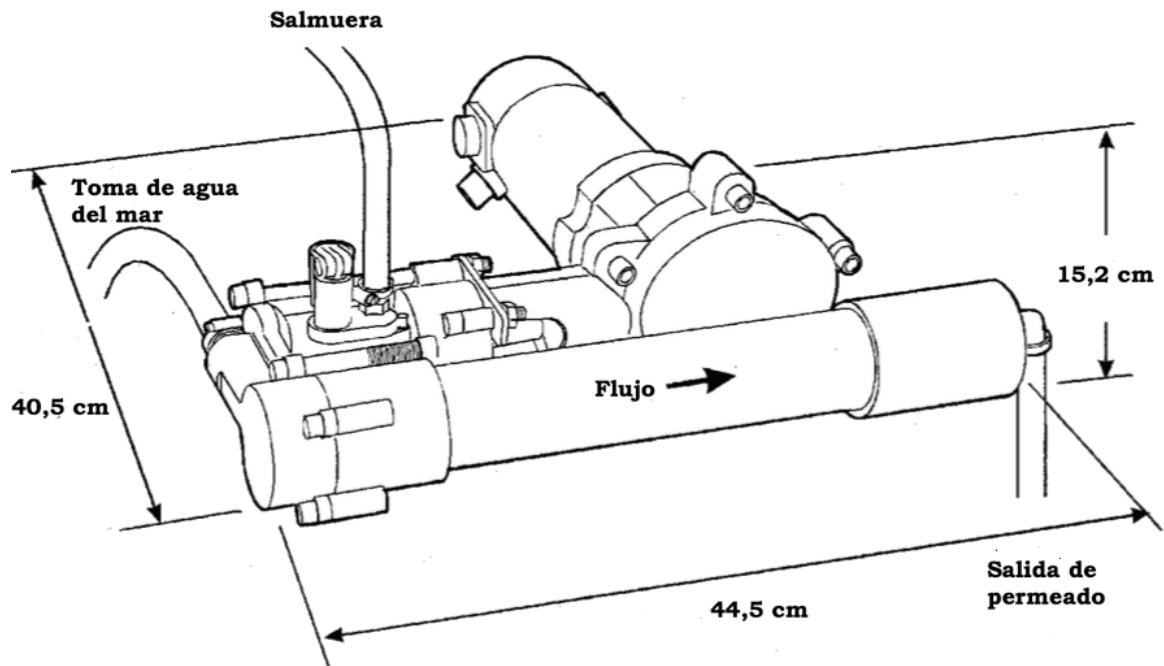


figura 3-5 entradas y salidas desalinizador

3.1.3 Panel fotovoltaico

El panel seleccionado (figura 3-6) [25], en condiciones estándar produce 75W. Este panel monocristalino está dividido en 5 paneles más pequeños que producen 15W cada uno. Es un panel de alta eficiencia, resistente al agua. Las especificaciones se encuentran en la Tabla 2-8 Panel 1.



figura 3-6 Panel fotovoltaico desplegado



figura 3-7 Panel fotovoltaico plegado

La figura 3-6 [25] muestra un conjunto de cinco pequeños paneles que pueden plegarse sobre sí mismos, disminuyendo considerablemente su tamaño. La selección del panel más adecuado se ha realizado en base al peso, ya que el panel debe ser colocado sobre la tela de la balsa salvavidas. La forma de colocar el panel como se mentó en el apartado 3.1.1 será con velcros. Estos pequeños cinco paneles están en el interior de un forro de tela, por lo tanto se coserían los velcros en la parte del reverso, para así poder fijarlos a la balsa salvavidas.

En la figura 3-7 [25] se puede visualizar la salida del panel fotovoltaico. En esa salida se conectaría un cable SAE.

3.1.5 Dimensionamiento panel fotovoltaico, batería y regulador de carga

Una vez seleccionado el sistema desalinizador y el panel fotovoltaico, es necesario dimensionar el resto de los elementos para que estén acorde y asegurar el funcionamiento del conjunto. Debido que el resultado es completamente dependiente de la situación geográfica se decidió simular su situación en las inmediaciones de Pontevedra.

3.1.5.1 Estimación de consumo

Se asume el consumo de energía necesaria para obtener el agua para la supervivencia, medio litro diario por persona. Lo que hace un total de seis litros.

Unidades	Carga	Potencia Unitaria	Horas funcionamiento	Total energía necesaria	Total energía necesaria 20% margen seguridad
1	Bomba alta presión	48W	1,36h	66W	79Wh

Tabla 3-1 Tabla de consumo diario suponiendo producción 6l

En la Tabla 3-1 se muestra la cantidad de energía diaria necesaria. A la hora de hacer el cálculo se añadió un 20% como margen de seguridad

$$Lmd_{final} = \frac{Lmd}{\mu_{bat} \times \mu_{cond}} = \frac{79}{0,9 \times 1} = 88Wh/día \quad (Ec. 1)$$

- Lmd_{final} = Consumo medio diario final.
- Lmd = Consumo medio diario.
- μ_{bat} = Rendimiento de la batería.
- μ_{cond} = Rendimiento conductores.

En la Ecuación 1 obtenemos la cantidad de energía necesaria teniendo en cuenta el rendimiento de la batería. Las baterías de $LiFePO_4$ tienen un alto rendimiento, en torno al 90% [26].

3.1.5.2 Datos irradiación

Una vez obtenido el consumo, se buscan datos de la radiación solar donde serán colocados los paneles. Dado que en este caso no es un lugar fijo simularemos que el abandono de buque sucede en la Ría de Pontevedra. Para obtener esta información se utilizó PVGIS, una aplicación online [27].

MES	IRRADIACIÓN (Wh/m ² /día)
ENERO	2890
FEBRERO	3790
MARZO	4100
ABRIL	3400
MAYO	2780
JUNIO	2560
JULIO	2740
AGOSTO	3480
SEPTIEMBRE	4320
OCTUBRE	3960
NOVIEMBRE	3220
DICIEMBRE	2940
MEDIA ANUAL	3340

Tabla 3-2 Irradiación Pontevedra

La irradiación obtenida en la Tabla 3-2 viene referida a la irradiación sobre un plano con la inclinación de 90°. Este ángulo es debido a que la inclinación del panel situado en la balsa formará aproximadamente 90° con la superficie del mar.

3.1.5.3 Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Una vez seleccionado el panel se procede a calcular el número de paneles que serán necesarios para cubrir la necesidad mínima de energía en el mes con menos irradiación que aparece en la Tabla 3-2 (Junio).

$$N_{total} = \frac{Lmd_{final}}{P_{nom} \times HPS_{crit} \times PR} = \frac{79}{75 \times 2,5 \times 0,9} = 0,47 \equiv 1 \quad (\text{Ec. 2[U7]})$$

- N_{total} = Numero de paneles necesarios.
- Lmd = Consumo medio diario.
- P_{nom} = Potencia nominal del panel seleccionado.
- HPS_{critic} = son las horas de sol piko del mes crítico calculado a partir de la Ec. 2 , es decir: Irradiación del mes crítico (Junio) / 1000 W/m2.
- PR = Factor global de funcionamiento, está entre 0,65 y 0,9. Seleccionamos 0,9.

Por lo tanto, se necesitará solo un panel del seleccionado.

3.1.5.4 Dimensionamiento del sistema de acumulación

Ahora se procederá a calcular la batería más aconsejable para nuestro sistema de ósmosis inversa. Se necesita calcular la cantidad de Amperios-hora (Ah) necesarios por día.

$$QAh = \frac{Lmd}{Vbat} = \frac{79}{12} = 6,6 \text{ Ah/día} \quad (\text{Ec. 3})$$

- QAh = Consumo medio de energía diario en Ah/día
- Lmd = Consumo medio diario.
- $Vbat$ = voltaje de la batería

Los parámetros importantes para el dimensionado de la batería son la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía. En nuestro caso no nos afecta, estas baterías en caso de usarse no importaría descargarlas y cargarlas completamente, ya que los ciclos que se podrían realizar en la situación de supervivencia no afectarían negativamente a la batería al ser muy escasos. Por lo tanto se usará un 100% de profundidades de descarga.

$$Cnd(Wh) = \frac{Lmd}{PD_{max,d} \times Fct} = \frac{79}{1 \times 1} = 79 \text{ Wh} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$Cnd(Ah) = \frac{Cnd(Wh)}{Vbat} = \frac{79}{12} = 6,6 \text{ Ah} \quad (\text{Ec. 5})$$

- Lmd = Consumo medio diario.
- Cnd = Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria.
- $PD_{max,d}$ = Profundidad de descarga máxima diaria.
- Fct = Factor de corrección de temperatura. Suponemos 1.

Con la Ec. 4 se calculó la energía en vatios-hora (Wh) de la batería. Si se divide está entre el voltaje de la batería, como se hace en la Ec. 5, se obtiene la capacidad mínima que necesita nuestro sistema de acumulación en función de la descarga máxima diaria.

$$Cne(Wh) = \frac{Lmd \times N}{PD_{max,e} \times Fct} = \frac{79 \times 1}{1 \times 1} = 79 \text{ Wh} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$Cne(Ah) = \frac{Cne(Wh)}{Vbat} = \frac{79}{12} = 6,6 \text{ Ah} \quad (\text{Ec. 7})$$

- Cne = Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacionaria.
- Lmd = Consumo medio diario.
- $PD_{max,e}$ = Profundidad de descarga máxima estacionaria.
- Fct = Factor de corrección de temperatura. Suponemos 1.
- N = Número de días.

En las Ec. 6 y 7 se obtuvo la capacidad mínima que se necesita para nuestro sistema en función de un único día de autonomía. Así pues se debe de escoger una batería que como mínimo tenga una capacidad nominal de 6,6Ah

3.1.5.5 Dimensionado del regulador

Ahora se procederá al cálculo del regulador. Los datos más importantes son la máxima corriente que va a soportar, tanto de entrada como de salida.

Para calcular la corriente de entrada al regulador hacemos el producto corriente de cortocircuito de un módulo y lo multiplicamos por el número de paneles en paralelo, en nuestro caso uno.

$$I_e = F_{seg} \times I_{mod,sc} \times N_{total} = 1,25 \times 4 \times 1 = 5A \quad (\text{Ec. 8})$$

- I_e = Corriente de entrada regulador.
- $I_{mod,sc}$ = corriente de cortocircuito del panel seleccionado.
- F_{seg} = Factor de seguridad para evitar daños en el regulador.
- N_{total} = Numero de paneles necesarios.

Ahora se procede a calcular la corriente a la salida del regulador.

$$I_{salida} = \frac{F_{seg} \times (P_{dc} + \frac{P_{ac}}{\mu_{inv}})}{V_{bat}} = \frac{1,25 \times (48 + 0)}{12} = 5A \quad (\text{Ec. 9})$$

- I_{salida} = Corriente salida regulador
- F_{seg} = Factor de seguridad para evitar daños en regulador
- P_{dc} = Potencia de las cargas en continua
- P_{ac} = Potencia de las cargas en alterna
- μ_{inv} = Rendimiento inversor
- V_{bat} = voltaje batería

Así pues como se ha calculado en las Ec 8 y 9, el regulador debería soportar 5A tanto a la entrada como a la salida

3.1.6 Batería

La batería seleccionada, y mostrada en la figura 3-8 [28], es de LiFePO_4 . Esta se encuentra dentro de una carcasa que la hace impermeable. Tiene una capacidad de 10 Ah , en los cálculos de la sección 3.1.5.4 se obtuvo que con 6,6 Ah se obtendría el agua necesaria para la supervivencia diaria, pero, se decidió aumentar esta capacidad a 10Ah para así tener agua sobrante que podría ser destinada a otros fines, como puede ser el lavado de heridas. Con esta batería completamente cargada se obtendrían 11 litros de agua.



figura 3-8 Display batería

Como se puede observar en la figura 3-8 la batería cuenta con una pequeña pantalla digital donde se muestra el voltaje que tiene la batería en ese momento, en función de este voltaje sabremos el nivel de carga en el que se encuentra la batería. Tiene un botón para encenderla o apagarla, y a su vez tiene un led verde que indica como está siendo cargada la batería, dependiendo de la frecuencia de los parpadeos de esta.



figura 3-9 batería conectada panel fotovoltaico

Como se puede observar en la figura 3-9 [28], consta de una entrada donde se conectaría el cable que proviene de los paneles solares, la batería soporta hasta un máximo de 140W de entrada, este cable es un SAE de dos enchufes. Consta también de una salida de corriente, esta es la misma que se tiene en los coches con un máximo de salida de 200W.



figura 3-10 Carcasa batería LFP 10

En la figura 3-10 [28], se puede observar cómo queda la batería para su transporte, siendo así totalmente impermeable, tanto la entrada como la salida se encuentran en los laterales para no necesitar que esta esté abierta. Los datos de las dimensiones de la carcasa se encuentran en la Tabla 2-9. Este sistema utiliza la tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracking). Su fin es la obtención de la máxima potencia de los paneles fotovoltaicos. Esta se encuentra en el pico de la curva de potencia. Así, la variación natural de la irradiancia, la variación de la temperatura y las nubes hará que las curvas características varíen. Esto produce que el punto de máxima potencia no sea estacionario. El control del voltaje o corriente, con el fin de mantener la operación cerca del MPP (Maximum Power Point) se conoce como MPPT. Esta es crítica para el funcionamiento eficiente de un sistema PV-RO.

3.1.7 Regulador de carga

Como se mencionó en el apartado 3.1.6 la batería seleccionada incluye un regulador de carga integrado que realiza todas las funciones.

3.1.8 Colocación panel fotovoltaico en balsa salvavidas

Debido al centro de estudios donde se realizó este trabajo se tenía acceso a una balsa salvavidas usada para realizar prácticas de los alumnos. La balsa corresponde con las que se utilizan en los buques de la Armada.

El objetivo de este apartado es probar la viabilidad de la colocación del panel fotovoltaico seleccionado. Al no disponer de este panel se substituyó por una plancha de madera con las mismas dimensiones del panel desplegado.

Como se puede observar en la figura 3-11 el panel fotovoltaico seleccionado puede ser colocado en cualquier posición en torno a la balsa, pudiendo así obtener la máxima cantidad de radiación solar variando su colocación hacia la más eficiente.

Posteriormente se añaden unas fotografías (figura 3-11) que incluyen la comprobación de las medidas de la plancha de madera, así como, la colocación de esta plancha sobre la balsa salvavidas.

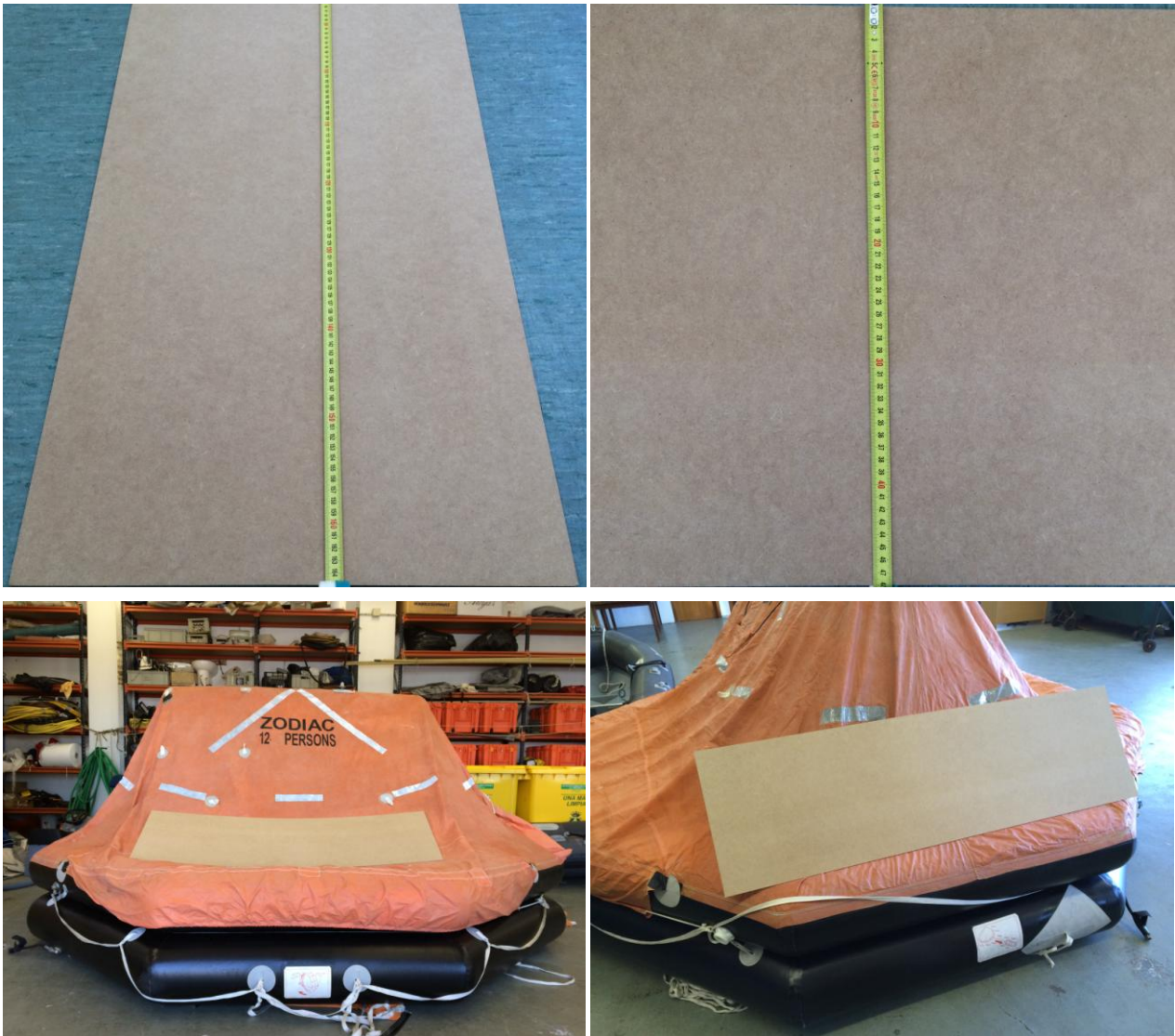


figura 3-11 Comprobación panel fotovoltaico

Como se puede observar en la figura 3-11 el panel fotovoltaico seleccionado puede ser colocado en cualquier posición en torno a la balsa. Esto tiene un beneficio muy importante para nuestro sistema, ya que la orientación de esta balsa respecto al Sol no podrá ser controlada por la dotación. Por lo tanto, se colocará el panel fotovoltaico donde se reciba la mayor cantidad de radiación solar, teniendo que variarlo con nuestra posición respecto al Sol.

4 ESTUDIO ECONÓMICO

4.1 Descripción del apartado

En esta sección del trabajo se detalla la inversión que supondría la adquisición de los componentes que conformarán el equipo desalinizador.

Elemento	Unidades	Precio unitario	Precio total
Capítulo 01: Sistema desalinizador			
Katadyn power survivor 40E	1	3.090,00 €	3.090,00 €
Capítulo 02: Módulos fotovoltaicos			
75 Watt hi efficiency folding portable solar panel	1	789,50 €	789,50 €
Capítulo 03: Acumuladores			
Batería LFP10+ Plus	1	970,323 €	970,323 €
PRECIO TOTAL			4.848,82 €

Tabla 4-1 Tabla de precios

La Tabla 4-1 indica la inversión de capital que se debe realizar siendo propietario de la balsa salvavidas para incluirle el desalinizador diseñado. Cabe mencionar que estos dispositivos están comprados a empresas del extranjero, el precio que indica la tabla no incluye gastos de envío ni de instalación.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusión

A modo de conclusión, destacar la satisfacción por los resultados obtenidos. El objetivo principal se ha cumplido. La tecnología hoy existente permite la incorporación de un sistema de ósmosis inversa alimentado por paneles fotovoltaicos a una balsa salvavidas. Esto se ha conseguido con un estudio de los distintos componentes que ofrece el mercado para la creación del equipo y lograr que exista una unión entre todos los elementos para hacer un sistema compacto, portátil y de fácil utilización.

El principal logro es asegurar con creces el mínimo de agua dulce para mantener a la tripulación en buenas condiciones y poder hacer frente a la deshidratación. La mayor dificultad encontrada a la hora de realizar el trabajo fue la falta del material seleccionado para poder hacer mediciones reales y comprobar su funcionamiento, así como realizar una instalación del equipo en una balsa. Aun así los resultados matemáticos expresan la viabilidad del funcionamiento del sistema dimensionado para su utilización en la provincia de Pontevedra. De la misma forma, este sistema de desalinización está destinado principalmente para zonas cálidas donde las precipitaciones son menores y hay una mayor irradiación solar. Por lo que los resultados superan las dificultades encontradas. Una ventaja es que esta idea no ha sido aún materializada, por lo que podría aportar nuevas expectativas en la práctica de la supervivencia marítima^[U8]

La utilización de este sistema tiene una serie de implicaciones y beneficios muy importantes. Ya no sólo en el ámbito de supervivencia, sino un uso por parte de buques pequeños de recreo que no dispongan de sitio para embarcar el agua necesaria para un pequeño tránsito o para cocinar. También puede ser utilizado como un sistema auxiliar de obtención de agua en caso de que fallase el principal.

Sé podría afirmar que contar con un sistema de este tipo a bordo de las balsas salvavidas supondría una preocupación menos para las personas que tienen posibilidad de naufragar, es decir, para todo individuo que embarca a en un buque.

5.2 Líneas futuras

Respecto a posibles líneas futuras en las que se podría seguir trabajando para mejorar y ampliar el TFG presentado, destacan las siguientes:

- Obtención de un modelo y poder hacer una medición real, esto ayudaría a demostrar experimentalmente la viabilidad del diseño realizado.
- Análisis del agua obtenida por un desalinizador portátil.
- Diseño de un sistema de ósmosis inversa a bordo de pequeños buques que este alimentado por energía eólica.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Á. B. Martín, «La supervivencia en el mar,» *El país* , 19 8 1985.
- [2] Periódico el País, «50 días a la deriva en alra mar a base de coco, agua de lluvia y gaviota cruda,» *El País*, 11 26 2010.
- [3] Salvamento marítimo, «www.salvamentomarítimo.es,» 03 02 2015. [En línea]. Available: <http://www.salvamentomarítimo.es/seguridadnautica/emergencias/supervivencia-en-la-mar/>. [Último acceso: 08 01 2015].
- [4] SunFields Europe, «SunFields Europe,» [En línea]. Available: www.sfe-solar.com. [Último acceso: 01 02 2015].
- [5] «katadyn,» [En línea]. Available: <http://www.katadyn.com/en/katadyn-products/products/katadynshopconnect/katadyn-entsalzer-powersurvivors/katadyn-powersurvivor-40e12-v/>. [Último acceso: 09 01 2015].
- [6] I. T. d. Canarias, «Instituto Tecnológico de Canarias,» [En línea]. Available: <http://www.itccanarias.org/web/tecnologias/agua/dessol.jsp?lang=es>. [Último acceso: 19 02 2015].
- [7] A. M. Thomson, «Reverse-Osmosis Desalination of Seawater Powered by Photovoltaics Without Batteries,» Loughborough , 2003.
- [8] J. Wiseman, MANUAL DE SUPERVIVENCIA DEL SAS, PAIDOTRIBO, 2010, p. 489.
- [9] A. a. m. s. products. [En línea]. Available: <http://www.raftservice.com/marine/zodiac-uscg-solas-extreme.php>. [Último acceso: 10 01 2015].
- [10] O. B. Moreno, Artist, *La desalinización del agua*. [Art]. 2004.
- [11] D. F. L. B. D. F. B. M. P. M. Lauren F. Greenlee, «Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges,» *water research*, 2008.
- [12] T.-M. H. S. L. Hyun-Je Oh, «A simplified simulation model of RO systems for seawater desalination,» *science direct*, p. 128, 2008.

- [13] waterdecontamination, «waterdecontamination.tpub.com,» [En línea]. Available: http://waterdecontamination.tpub.com/TM-10-4610-229-24/css/TM-10-4610-229-24_14.htm.
- [14] KUHN SA, «www.kuhn.cl,» [En línea]. Available: <http://www.kuhn.cl/webstore/panel-solar-fotovoltaico-monocristalino-50-watts-ps-50m.html>. [Último acceso: 12 febrero 2015].
- [15] Enesol, «www.energía-solar.com.mx,» [En línea]. Available: <http://energia-solar.com.mx/tipos-de-celdas-solares/>. [Último acceso: 16 febrero 2015].
- [16] Instalaciones y eficiencia energética, «www.instalacionesyeficienciaenergetica.com,» [En línea]. Available: <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos-cual-elegimos/>. [Último acceso: 24 febrero 2015].
- [17] Gobierno de Canarias, “www.gobiernodecanarias.org,” [Online]. Available: <http://www.gobiernodecanarias.org/industria/guia/FOTOVOLTAICA/Guia%20Fotovoltaica%20Final.html>. [Accessed 3 03 2015].
- [18] J. F. Ferichola, «Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil».
- [19] Atersa, «www.atersa.es,» [En línea]. Available: <http://www.atersa.com/datosproductos.asp?param=70>. [Último acceso: 03 02 2015].
- [20] D. e. renovables, «Detavolt energira renovables,» 12 2 2015. [En línea]. Available: <http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>.
- [21] Hella, «www.hella.com,» [En línea]. Available: <http://www.hella.com/produktion/HellaResources/WebSite/HellaResources/HellaMEX/Garages/Copy%20of%20Sistema%20de%20Carga%20Baterias%20Hella.pdf>. [Último acceso: 28 02 2015].
- [22] L. G. Babé, «Modelado y simulación HIL (hardware-in-the-loop) de un sistema pila de combustible - batería,» 2008.
- [23] I. T. d. Canarias, «Instituto Tecnológico de Canarias,» [En línea]. Available: <http://www.itccanarias.org/web/tecnologias/agua/dessol.jsp?lang=es>. [Último acceso: 15 2 2015].
- [24] zodiac, «surviteczodiac,» [En línea]. Available: <http://www.surviteczodiac.com/Cradles/cradles.aspx>. [Último acceso: 13 02 2015].
- [25] «portable solar power,» [En línea]. Available: <http://www.portablesolarpower.biz/products/75-watt-hi-efficiency-portable-solar-panels>. [Último acceso: 2015 02 2015].
- [26] D. L. Lu, «Tsinghua University,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.cse.anl.gov/us-china-workshop-2011/pdfs/batteries/LiFePO4%20battery%20performances%20testing%20for%20BMS.pdf>.
- [27] PVGIS, «Sistema de Información geográfica fotovoltaica,» [En línea]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>.
- [28] «Portable solar power,» [En línea]. Available: <http://www.portablesolarpower.biz/collections/portable-solar-generator-systems/products/lfp-10-portable-solar-power-generator>. [Último acceso: 13 02 2015].

- [29] E. BV, «Sciencedirect,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.sciencedirect.com>.
- [30] «área tecnología,» [En línea]. Available: <http://www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm>. [Último acceso: 15 01 2015].

