



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial

“Trabajo Final de Máster”

Desalación con Energía Solar Fotovoltaica: Impacto en la Región de Murcia.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Daniel Dato Andúa
Director: Antonio Urbina Yeregui

Cartagena, 2018



Universidad
Politécnica
de Cartagena

INDICE

1. INTRODUCCION-ESTADO DEL ARTE (Desalación/Fotovoltaica)	5
Desalación	5
Ósmosis Inversa	6
Energía Fotovoltaica	9
2. OBJETIVOS	13
3. METODOLOGÍA	15
3.1. Metodología del cálculo fotovoltaico	15
a. Estimación de la demanda de energía	15
b. Datos de irradiancia y temperatura con PVGIS.....	15
c. Restricciones de superficie disponible	15
d. Estimación de la energía generada por los sistemas fotovoltaicos	16
e. Balance económico	16
3.2. Metodología del cálculo del impacto ambiental.....	16
a. Metodología a aplicar a la evaluación ambiental	16
b. Acciones del Proyecto: fases	21
c. Identificación de Impactos	23
d. Valoración de Impactos.....	25
4. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LAS DESALADORAS	27
4.1. Desaladora de Valdelentisco	28
4.2. Desaladora Guadalentín.....	30
4.3. Desaladora Escombreras.....	31
4.4. Desaladora San Pedro I y II.....	32
4.5. Desaladora Torrevieja.....	33
4.6. Consumo específico en la producción de agua desalada	34
5. CALCULO DE LOS DISEÑOS FOTOVOLTAICOS	35
5.1. Elección de módulos e inversores.....	35
5.2. Desaladora de Valdelentisco	38
5.3. Resumen del cálculo del resto de desaladoras	44
6. ESTUDIO ECONÓMICO Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.....	45
6.1. Desaladora de Valdelentisco	45
6.2. Resumen de resultados económicos de las otras desaladoras.....	47
7. ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	51
7.1 Caracterización de impactos	52
7.2. Medidas Protectoras y Correctoras	56

7.3. Programa de Vigilancia Ambiental	61
6. CONCLUSIÓN	63
7. BIBLIOGRAFÍA	66
Web/Buscador:	68
Revistas:	69

1. INTRODUCCION-ESTADO DEL ARTE (Desalación/Fotovoltaica)

Desalación

Básicamente, la desalación o desalinización de agua de mar, o salobre, en cantidades industriales se basa en dos tipos de procesos: los de destilación o evaporación, que necesitan calor o energía térmica para separar agua dulce, y los procesos de membranas semipermeables, que utilizan electricidad para impulsar el agua hacia las membranas, reteniendo éstas las sales en una solución acuosa más concentrada o salmuera.

La incorporación de agua marina desalinizada a zonas regables del sureste español es la principal estrategia recogida en la planificación hídrica española con el fin de hacer frente al déficit estructural de agua, que persiste en esta zona desde hace varias décadas.

La agricultura es el mayor consumidor de recursos hídricos a escala global. La importancia relativa de la demanda de agua por parte de la agricultura de regadío es especialmente relevante en países o regiones de clima árido o semiárido, donde la agricultura debe desarrollarse en un escenario de creciente escasez de agua.

La principal ventaja de la desalinización de agua marina es su condición de recurso hídrico inagotable, ya que el 97% del agua del planeta es salada, y no está sujeta a variaciones climáticas, por lo que estratégicamente resulta idóneo para aumentar de forma sistemática la disponibilidad de recursos hídricos para riego agrícola en zonas deficitarias como el sureste español. Son numerosas las referencias que describen el empleo de agua salobre desalinizada en el riego agrícola, así el 22% del agua desalinizada en España se emplea con este fin (Zarzo *et al.*, 2013).

La desalinización de agua salobre o marina es una fuente de agua de creciente importancia para el suministro de agua potable en el mundo (Duranceau et al., 2011). Actualmente la capacidad de desalinización a escala mundial supera los $100 \cdot 10^6$ m³ día⁻¹, y se espera que se doble para el año 2025 (Lew et al., 2009).

Ósmosis Inversa

La técnica de Ósmosis Inversa (OI) se ha generalizado como la tecnología de referencia para la desalinización de agua marina, ya que presenta consumos energéticos y costes de producción reducidos en comparación al resto de tecnologías aplicables a gran escala (Shaffer et al., 2012).

Esta técnica de OI en desalación, es un proceso por el cual se elimina la sal del agua de mar para el consumo humano bajo ciertas condiciones de seguridad.

Figura 1, el agua de mar se extrae mediante un pozo de bombeo situado a cierta distancia de la costa. Esta agua se lleva al edificio donde realizaremos el proceso de OI, pero pasando previamente a presión por unos filtros de arena y antracita donde se le hace el primer paso de filtrado, seguidamente se lleva a un segundo paso que son los filtros de cartuchos.

Tras esto, el agua ya está preparada para el proceso de OI, el cual consiste en hacer pasar el agua por las membranas a mucha presión, Figura 2.

En este punto el agua no estaría 100% para consumir, por lo que se realiza una remineralización del agua osmotizada mediante la dosificación de CO₂ e hidróxido sódico.

Tras este paso el agua ya está preparada para inyectarla en la red de canales donde llevara el agua para ser consumida.

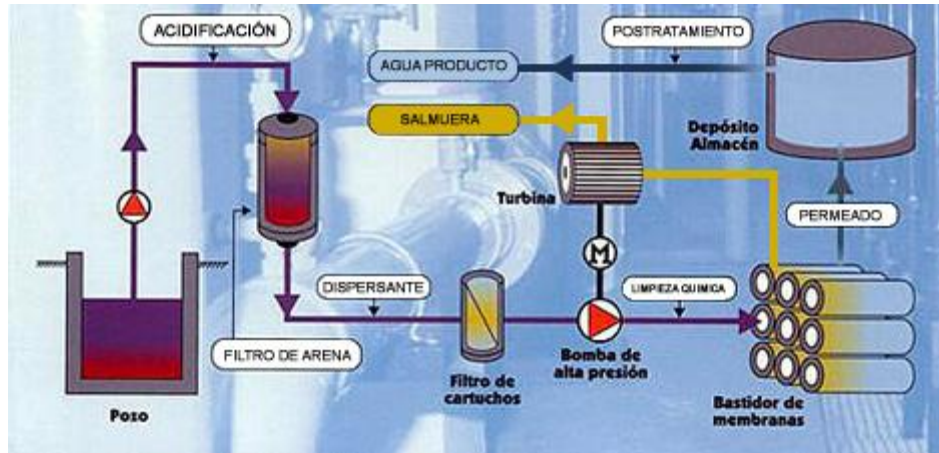


Figura 1. Diagrama esquemático de la ósmosis inversa, (Fuente: ecured.cu, 2018).

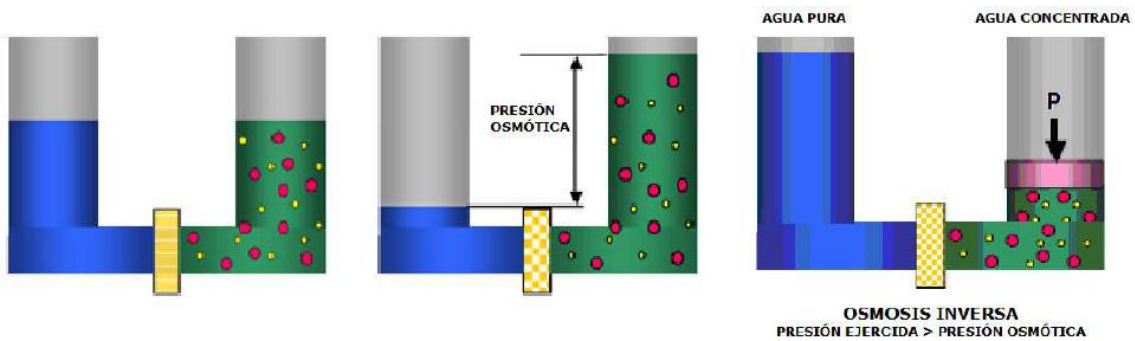


Figura 2. Proceso Ósmosis, (Fuente: G. Dévora (2014)).

Pero el principal problema es el elevado consumo energético de los procesos de desalinización de agua marina. Actualmente estamos en una horquilla en torno a unos $2,75 - 2,9 \text{ kWh/m}^3$ en el proceso de OI, y nos $1,5-1.6 \text{ kWh/m}^3$ en el bombeo de agua desde captación hasta vertido a red de agua producto, lo que el proceso total se sitúa en una en torno a unos $4,25-4,4 \text{ kWh/m}^3$, (Fuente: hispagua.cedex.es /articulo/58574).

El elevado consumo energético asociado a su producción, cuadriplica el del trasvase Tajo-Segura, generando un coste del agua producto muy elevado y un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero poco compatible con las políticas demandadas para el control del cambio climático. El coste total de producción en las desalinizadoras de agua marina de la cuenca del Segura oscila entre $0,60$ y $0,69 \text{ € m}^3$, mientras que el valor marginal neto del agua de

riego en las zonas regables de la costa se sitúa entre 0,51 y 1,05 € m³. (Fuente: Martínez Álvarez y Martín Górriz, 2016).

En 2004, el Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) realizó un análisis de los costes de desalación con previsiones basadas en grandes instalaciones (superiores a una capacidad de más de 60.000 m³ /día) a plena ocupación y con precios de la energía estables. Los resultados de estos estudios sirvieron de base para poner en marcha el proyecto de desalinización generalizada del Programa A.G.U.A., dado que , según estos estudios, los costes de producción unitarios podían alcanzar valores inferiores a 0,40 € por metro cúbico.

Otros autores, en fechas más recientes, corroboran estos cálculos señalando costes de explotación por debajo del umbral de 0,45 €/m³. Es el caso de Estevan (2008), quien señala que en términos actuales se puede estimar que los costes de explotación unitarios, sin incluir costes de inversión, para una planta de una capacidad alrededor de 30.000 metros cúbicos diarios, por medio de la tecnología de ósmosis inversa, a plena ocupación anual, se sitúa en una horquilla comprendida entre los 0,35 €/m³ y los 0,45 €/m³. Estas cifras, como es lógico, dependiendo de factores diversos como es el punto de entrega, tamaño de la planta, condiciones de la toma, etc. (Fuente: Alberto del Villar García 2014).

Un segundo inconveniente de la desalinización a gran escala es la gestión de los importantes volúmenes de salmuera generados y sus posibles impactos ambientales. Los cambios de temperatura y salinidad asociados a los vertidos de salmuera al mar alteran los ecosistemas marinos afectados. La distribución de los vertidos de salmuera es difícilmente predecible, dado que está relacionada con la su temperatura, salinidad y las corrientes marinas, por lo que el alcance de estos impactos es difícil de predecir y valorar. La presencia de praderas de posidonia en el litoral mediterráneo, considerados refugios de biodiversidad, hace que esta cuestión adquiera especial relevancia (Lattemann y Höpner, 2003; Palomar y Losada, 2010).

El proceso de OI tiene un 45% de conversión, lo que el 55% resultante es agua salmuera, la cual se tratará con especial cuidado y será devuelta al mar bajo ciertas condiciones, como distancia mínima a la costa y método de expulsión (no se puede expulsar directamente, pues podría aumentar la concentración de sales y sólidos en dicha zona de expulsión, pudiendo provocar daños importantes).

Actualmente, el precio del agua desalada puede ser asumido en el abastecimiento urbano y en la agricultura de alto valor añadido, pero difícilmente en el resto de usos. Las previsiones apuntadas por el Programa Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua (AGUA) del Ministerio de Medio Ambiente cifran en 600 millones de m³ /año el incremento de recursos hídricos que tendrán como origen la desalación, (C. de la Cruz, 2006).

Energía Fotovoltaica

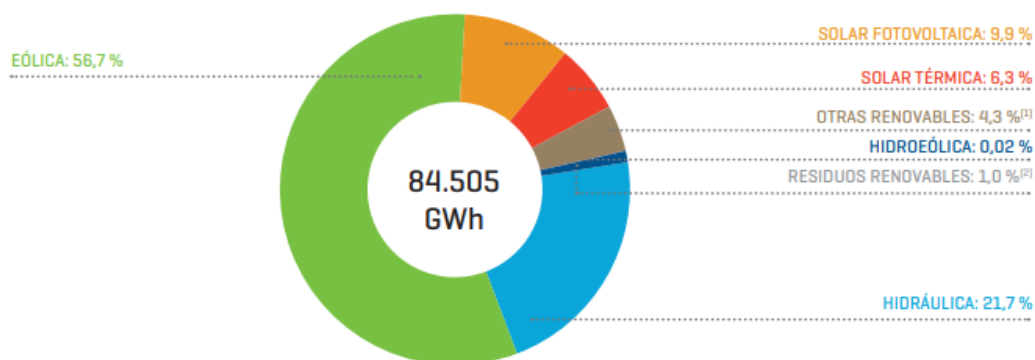
La energía solar constituye la principal fuente de vida en la Tierra, dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el planeta, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del Sol es la que induce el movimiento del viento y del agua, y el crecimiento de las plantas, por ello la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables: eólica, hidroeléctrica, biomasa, de las olas y corrientes marinas, además de la propia solar.

Aunque existen variaciones en la distancia entre el Sol y la Tierra, según la época del año, la cantidad de energía que llega a las capas exteriores de la atmósfera es del orden de 1.400 W/m², pero queda reducida aproximadamente a 1.000 W/m² una vez que atraviesa la atmósfera en latitudes medias (AM1.5G) y llega al suelo si el día es despejado, la media a lo largo del año, promediando día y noche, es de 340 W/m².

La energía que llega a la Tierra es una infinitésima parte de la enorme cantidad de energía de la radiación solar emitida por el Sol, pero la energía que recibimos ha sido suficiente para proporcionar y seguir permitiendo las condiciones físicas que reinan en nuestro planeta desde su formación, incluidas las que conocemos como vida, y sería suficiente para satisfacer todas nuestras necesidades energéticas si supiéramos aprovechar una pequeña parte de ella (Anta, 2004).

Las renovables en España representaban el 46 % de la potencia instalada en el conjunto del parque generador a finales de 2017, al situarse en 48.185 MW. Esta cifra es el resultado de una larga senda de crecimiento que se estabiliza a partir de 2013, con apenas una pequeña variación del 0,6 % en los últimos cinco años. En cuanto a la generación de 2017, las renovables condicionadas por la escasa generación hidroeléctrica descienden respecto al año anterior un 16,3 % hasta los 84.505 GWh, la producción más baja desde el año 2009. Asimismo, las renovables reducen su cuota en el conjunto de la generación al 32,1 %, frente al 38,4 % del año anterior. En el sistema eléctrico peninsular, que representa casi el 95 % de la generación nacional, la cuota de renovables se situó en 2017 en el 33,7 %. (REE, 2017).

Estructura de generación anual de energía renovable en 2017. Sistema eléctrico nacional [%]



En la medida en que las renovables han ido sustituyendo el uso de combustibles fósiles, el nivel de emisiones derivadas de la generación eléctrica

ha disminuido. En el 2016 se situó en 63,5 millones de toneladas de CO₂, un 18,3% menos que en el 2015 y un 43,1% menos que en el 2007.

Los sistemas fotovoltaicos consisten en un conjunto de elementos, denominados células solares o células fotovoltaicas, dispuestos en paneles, que transforman directamente la energía solar en energía eléctrica. La luz solar transporta energía en forma de un flujo de fotones, éstos cuando inciden en determinado tipo de materiales bajo ciertas condiciones, provocan una corriente eléctrica. Es lo que se denomina efecto fotovoltaico. Las células solares son pequeños elementos fabricados de un material semiconductor cristalino "dopado", es decir al que han sido adicionados determinados tipos de impurezas.

Cuando inciden en ellos la radiación solar, convierten la energía lumínica de ésta en energía eléctrica por efecto fotovoltaico.

Existen numerosas tecnologías fotovoltaicas, basadas en distintos materiales y configuraciones del dispositivo (la célula solar fotovoltaica). Normalmente, una célula fotovoltaica está formada por dos láminas muy delgadas de materiales semiconductores: la primera de ellas es una zona del cristal de silicio dopado con impurezas de fósforo (dopaje tipo *n*), y la segunda, una zona del cristal de silicio dopado con impurezas de boro (dopaje tipo *p*), creándose así una unión *p/n* semiconductor, elemento imprescindible para la generación y transporte de carga eléctrica. Cuando el sol ilumina la célula, la energía de la radiación luminosa provoca una corriente eléctrica en el interior de la misma, y cuando se conecta a una dispositivo externo genera una fuerza electromotriz entre dos electrodos adosados, respectivamente, a cada capa de la célula (Unesa, 1998).

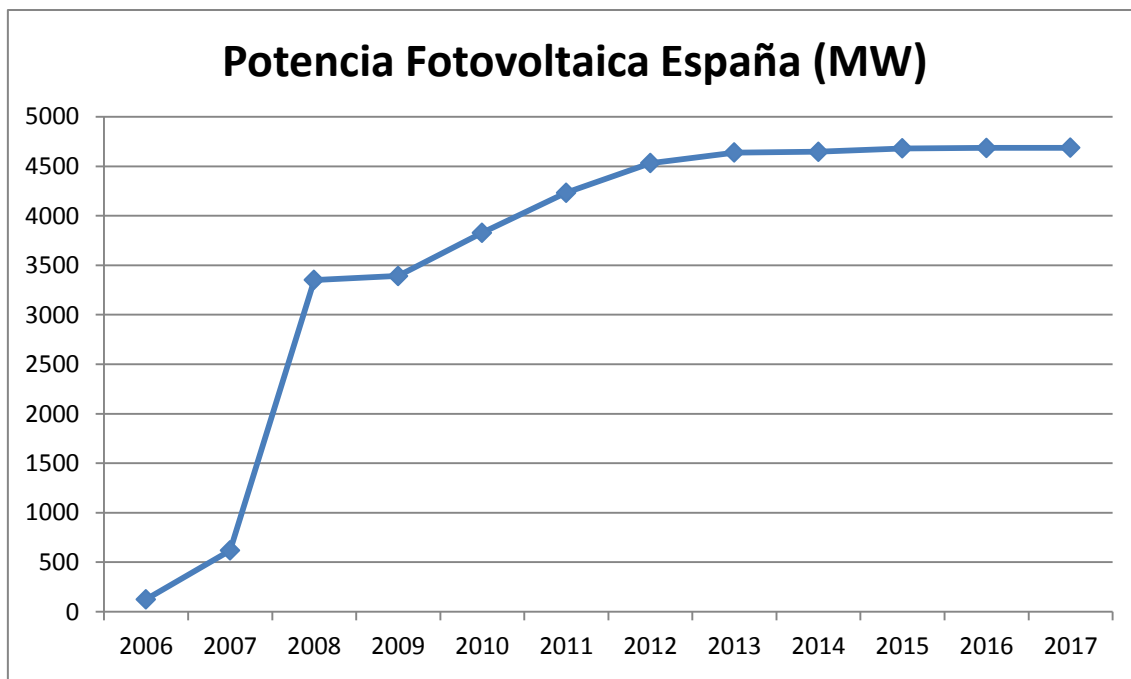


Figura 3. (Fuente: Series estadísticas Nacionales. Red Eléctrica de España).

La energía solar fotovoltaica hasta ahora ha tenido un papel reducido en el abastecimiento de electricidad en España. En cambio, las condiciones climáticas de nuestro país permiten que se pueda obtener un rendimiento elevado con esta tecnología energética.

Este proyecto tratará de mostrar que la desalación de agua de mar con energías renovables, en este caso solar fotovoltaica, técnicamente es viable.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo aborda el estudio energético de las 4 desaladoras de la Región de Murcia, como son;

- Desalinizadora de Valdelentisco (Mazarrón)
- Desaladora Guadalentín (Águilas)
- Desaladora de Escombreras (Cartagena)
- Desaladora San Pedro del Pinatar I y II
- Desaladora de Torrevieja

La principal motivación es el interés por los dos campos principales del proyecto:

- El sector tratamiento de aguas (desalación, OI)
- El sector de la energía (legislación, energías renovables)
- El sector económico (análisis financieros y de viabilidad)
- El sector medioambiental (EIA y viabilidad ambiental)

El **objetivo principal**, una vez realizada la toma de datos de las infraestructuras citadas de desalación y una vez estimado y calculado el gasto energético de dichas infraestructuras, será calcular y diseñar el tamaño de las instalaciones fotovoltaicas que deberían construirse para generar de manera parcial o total la demanda energética y ver si sería factible y rentable su implantación.

Como parte de ese objetivo, también valoraremos y estudiaremos el impacto ambiental causado por esta tecnología y si su implantación (el principal impacto es por la ocupación de terreno al instalar los paneles).

También se completará el estudio con un análisis económico, incluyendo gastos de amortización tanto de la desaladora como de la futura planta fotovoltaica para obtener un esquema de precios en €/m³ para comparar con el consumo específico actual de dichas plantas.

Por último, una vez realizado lo dicho anteriormente, procederemos a realizar una conclusión técnica donde compararemos el estado actual de las desaladoras, con el estado y las características que tendrían dichas infraestructuras con la implantación de esta tecnología renovable y limpia.

3. METODOLOGÍA

3.1. Metodología del cálculo fotovoltaico

El presente trabajo aborda el diseño de las 4 desaladoras de la Región de Murcia alimentadas con energía solar fotovoltaica, donde pondremos especial atención, a la capacidad energética que nos de nuestro sistema fotovoltaico una vez calculado, al impacto ambiental que este tendrá en el medio, y a la viabilidad económica. La metodología técnica se organiza en las siguientes etapas:

a. Estimación de la demanda de energía

Para la realización de este proyecto, primero procederemos a recabar información sobre las desaladoras, donde nos interesan datos como consumo anual total, consumo específico, método de desalinización empleado, emplazamiento, caudal bombeado, etc.

b. Datos de irradiancia y temperatura con PVGIS

El trabajo sigue, una vez claras las condiciones de cada emplazamiento, procedemos al diseño de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, con ayuda de una contrastada web sobre información geográfica fotovoltaica (PVGIS). A partir de las coordenadas geográficas de cada instalación fotovoltaica se obtendrán los valores de irradiancia global en el ángulo óptimo y la temperatura media diaria. Estos valores se utilizan para la estimación de la energía generada por los sistemas fotovoltaicos a instalar.

c. Restricciones de superficie disponible

En nuestro diseño, el factor que utilizaremos para determinar la potencia, será la superficie disponible para dicho diseño. Este dato es muy importante pues es el que nos dirá la máxima potencia que podremos poner.

d. Estimación de la energía generada por los sistemas fotovoltaicos

Para la viabilidad del proyecto, será imprescindible, cumplir condición de rentabilidad, donde tendremos en cuenta el presupuesto total y las variables económicas actuales, tasa de inflación,....

e. Balance económico

Para la viabilidad del proyecto, será imprescindible, cumplir condición de rentabilidad, donde tendremos en cuenta el presupuesto total y las variables económicas actuales, tasa de inflación,....

3.2. Metodología del cálculo del impacto ambiental

Posteriormente haremos un Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EIA), ya que este será otro factor condicionante a la hora de la valoración positiva de la alternativa.

En la parte final del trabajo, haremos un estudio sobre la rentabilidad económica y donde se presentaran las conclusiones obtenidas tanto desde el punto de vista técnico, ambiental y económico, comparándola con el estado actual con la que las desaladoras realizan su función.

a. Metodología a aplicar a la evaluación ambiental

La evaluación del impacto ambiental producido por el proyecto de construcción de una planta solar fotovoltaica se divide en dos fases. En la primera fase se procede a identificar las alteraciones producidas durante las etapas del proyecto sobre los factores del medio físico, biológico y socioeconómico, así como del paisaje. En la segunda fase se caracterizarán y valorarán las alteraciones que hemos mencionado antes.

La caracterización de las alteraciones se realiza mediante unos criterios de valoración de impactos según el carácter, tipo de acción, duración, etc., se le asigna un valor a cada criterio lo que nos ayuda a determinar la evaluación en una escala de niveles de impacto (compatible, moderado, severo y crítico) los resultados facilitarán la toma de decisiones. La metodología consiste en la utilización de unas tablas mediante las cuales se pueden enfrentar los elementos del medio físico, biológico y social y por otro las acciones derivadas del proyecto de instalación y funcionamiento de la central.

Los indicativos a utilizar en el Estudio son los siguientes:

-Carácter/ Signo: valora si el impacto es positivo (beneficioso) o negativo (adverso) respecto al estado previo de actuación.

-Tipo de acción: se refiere al efecto sobre los elementos del medio puede ser directo o indirecto.

-Duración: se refiere al tiempo que actúa un determinado impacto, este puede ser limitado cuando actúa en un determinado espacio de tiempo, temporal si se produce de forma eventual o permanente si aparece de forma continuada.

-Momento: se refiere al momento en que se manifiesta el impacto que puede ser a corto plazo, a medio plazo y a largo plazo.

-Extensión: tiene en cuenta el alcance potencial del efecto, puede ser puntual si se trata de un impacto localizado, medio si son superficies del entorno inmediato o extenso cuando altera a superficies extensas.

-Reversibilidad: consideramos un impacto reversible cuando la alteración que produce puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a medio plazo gracias al funcionamiento de los procesos naturales y la autodepuración del medio. Un impacto irreversible es aquel que supone la imposibilidad de retornar a la situación anterior a la acción que lo produce.

-Recuperabilidad: un impacto es recuperable si la alteración que produce puede eliminarse de forma natural o por la acción humana, por lo tanto la alteración que produce puede ser reemplazable. Un impacto irrecuperable es aquel que la alteración producida es imposible de reparar o restaurar tanto de manera natural como humana.

-Intensidad: se refiere al grado de incidencia (destrucción) del factor, desde el grado total hasta el mínimo. Es independiente de la extensión.

-Persistencia: es el tiempo de permanencia del efecto desde su aparición. Puede ser fugaz, temporal o permanente (en este caso también sería irreversible).

-Sinergia: hay impactos que son poco importantes individualmente, pero en combinación con otros se convierten en muy importantes.

-Acumulación: es el incremento progresivo de la manifestación del efecto.

-Efecto: la relación causa-efecto, es la forma de manifestación de un efecto sobre un factor como consecuencia de la acción. Puede ser directo o indirecto.

-Periodicidad: regulación del efecto: continuo, periódico o irregular.

Para la asignación de valores en el cálculo del índice de incidencia aplicaremos los siguientes valores del método CONESA:

NATURALEZA		INTENSIDAD (I)	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX)		MOMENTO (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Local	2	Medio Plazo	2
Extenso	4	Corto plazo	4
Total	8	Inmediato	4
Critica	(+4)	Critico	(+4)
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio Plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC)	
Sin Sinergismo	1	Simple	1
Sinergico	2	Acumulativo	4
Muy Sinergico	4		
EFECTO(EF)		PERIODICIDAD (PR)	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o periodico y discontinuo	1
Directo	4	Periodico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)		IMPORTANCIA (I)	
Inmediata	1		
Medio Plazo	2	I= SIG * (3*I+2*EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)	
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Utilizando este método, la importancia del impacto toma valores entre 13 y 100, siendo posible realizar el enjuiciamiento según la siguiente tabla:

TIPO DE IMPACTO	IMPORTANCIA IMPACTO	MEDIDAS CORRECTORAS
COMPATIBLE (C)	<25	NO NECESARIAS
MODERADO (M)	25-50	OPCIONALES
SEVERO (S)	50-75	OBLIGATORIAS
CRITICO (CR)	>75	BUSCAR ALTERNATIVAS

- Compatible: la recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, no es necesaria la aplicación de medidas correctoras.

- Moderado: la recuperación no necesita medidas correctoras intensivas, se necesita un cierto tiempo para la consecución de las condiciones ambientales iniciales.

- Severo: la recuperación de las condiciones iniciales exige el uso de medidas correctoras y aun aplicándolas se necesita un periodo de tiempo para conseguirlas.

- Crítico: la magnitud es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente en la calidad ambiental sin posible recuperación incluso aplicando medidas correctoras.

b. Acciones del Proyecto: fases

Para llevar a cabo la identificación de impactos hay que conocer y analizar la actuación que vamos a evaluar y tener en cuenta las características y situaciones derivadas del proyecto que puedan incidir en el medio ambiente.

En todos los proyecto se llevan a cabo una serie de acciones que pueden identificarse con las etapas del mismo, se distinguen las producidas en la fase de instalación de la central, como son el desbroce y la limpieza del terreno; y aquellas que se producen en la fase de funcionamiento como son las labores de mantenimiento de la central.

- Fase de construcción

Algunos impactos que pueden influir de forma negativa en la percepción de las instalaciones fotovoltaicas por parte de los ciudadanos son:

- La contaminación producida en el proceso productivo de los componentes. o La utilización del territorio.
- El impacto visual.
- El impacto sobre flora y fauna.

La contaminación que se produce en la fabricación de los componentes de los módulos fotovoltaicos y la emisión de contaminantes depende de la tecnología que se utilice. Los sistemas fotovoltaicos más utilizados son los basados en silicio monocristalino, policristalino y amarofo. EL proceso de fabricación no implica el uso de sustancias peligrosas o contaminantes y hay que tener en cuenta que a día de hoy el silicio puede obtenerse del reciclaje de los deshechos de la industria electrónica.

- Fase de proyecto e instalación

Actuaciones a considerar:

- Desbroce y limpieza del terreno.
- Retirada de tierra. o Topografía.
- Construcción de losa corrida y casetas.
- Colocación estructuras y módulos fotovoltaicos.
- Tendido conductores y cables de tierra.

- Fase de funcionamiento

Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos.

- Localización física.
- Labores de mantenimiento.

- Fase de abandono

Esta fase se considera común para ambas alternativas. El proyecto lleva asociada una alta inversión inicial por lo que el tiempo de amortización también será elevado. Por este motivo no podemos hacer una estimación del tiempo para el que sería previsible el abandono de la planta fotovoltaica.

En caso de abandono se tendrá en cuenta el desmontaje de los módulos fotovoltaicos, sus soportes y líneas de distribución, demolición de las edificaciones y cimentaciones, recuperar y reciclar los elementos que componen la instalación (módulos, inversores, transformadores, etc), la restauración y reposición de la cubierta vegetal y demás acciones encaminadas a normalizar el terreno conforme al resto del entorno natural.

c. Identificación de Impactos

En este apartado vamos a identificar y analizar las principales alteraciones que pueden producirse con motivo de la instalación y funcionamiento de la planta fotovoltaica sobre el medio físico, biológico, y socioeconómico.

➤ **Alteraciones sobre el medio físico:**

- Geología/ geomorfología:
 - Cambios en el relieve.

- Edafología:
 - Disminución calidad del suelo.
 - Cambios en la dinámica erosión-sedimentación.
 - Compactación y degradación del suelo.
 - Posible contaminación.

- Hidrología:
 - Posible contaminación debida al incremento de sólidos en suspensión.
 - Alteración de las aguas subterráneas.

- Aire:
 - Pérdida de la calidad del aire.
 - Aumento de los niveles sonoros.

➤ **Alteraciones sobre el medio biológico:**

- Vegetación:
 - Destrucción y degradación de la vegetación.

- Fauna:

- Afecciones derivada del impacto en la vegetación.
- Eliminación directa.

➤ **Alteraciones sobre el medio socioeconómico:**

- Población:

- Dinamización económica.
- Molestias por ruidos y vibraciones.
- Efectos sobre el bienestar y la calidad de vida

- Economía:

- Efectos en sector primario y secundario.
- Mejora de la situación económica.

- Territorio:

- Pérdida de suelo agrícola.
- Cambio del uso del suelo.
- Afección a infraestructuras.

➤ **Alteraciones al paisaje:**

- Paisaje:

- Visibilidad e intrusión visual de la central fotovoltaica.
- Disminución de la calidad del paisaje.

d. Valoración de Impactos

El análisis de las alteraciones ambientales causados por la instalación de la planta fotovoltaica está enfocado a identificar los problemas derivados del planteamiento, diseño y ejecución del proyecto. Los problemas ambientales surgen a raíz de una serie de condicionantes físicos, ecológicos y paisajísticos que puedan verse afectados por la construcción de la planta fotovoltaica.

Los motivos por los que vamos a independizar los elementos del medio para su estudio son:

- La zona de influencia del proyecto no es la misma para todos los elementos o factores que se ven afectados. En el suelo analizaremos el área que ocupa la instalación, pero a la hora de estudiar el paisaje el límite será aquel desde el cual se vea la infraestructura.

- Los parámetros o características de los elementos ambientales, que son indicadores de su calidad, son distintos para cada uno de ellos.

- En el desarrollo de la planta no se ven afectados todos los elementos del medio.

- Permite conocer cuáles son las alteraciones que se producen sobre cada elemento, informando sobre qué acciones del proyecto es necesario actuar mediante la aplicación de las medidas protectoras o correctoras para atenuar o evitar el impacto.

Algunos impactos producidos se pueden cuantificar fácilmente, otros son más difíciles de evaluar debido a que las respuestas del medio pueden ser muy diferentes ante los impactos. Los indicadores de impacto deben permitir evaluar la cuantía de las alteraciones que se producen a consecuencia del proyecto.

Los indicadores deben ser representativos, relevantes, cuantificables y fácilmente identificables. Algunos indicadores se enumeran a continuación:

- Geología y geomorfología: contraste del relieve, movimientos de tierra.
- Edafología: suelos afectados, grado de erosión, inestabilidad de laderas, superficie alterada.
- Hidrología: permeabilidad que presenta el suelo, proximidad a cauces.
- Aire y clima: niveles de ruido, áreas afectadas por los niveles sonoros emitidos.
- Vegetación: superficies de las unidades de vegetación afectadas, tipo de unidad afectada.
- Fauna: tipo especies afectadas, sensibilidad de las especies al cambio.
- Socioeconomía: nivel de empleo generado, cambio que se produce en los usos del suelo.
- Paisaje: cuencas visuales afectadas por la intrusión visual de la central fotovoltaica, superficies alteradas y valoración de las distintas unidades de paisaje afectadas.

4. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS DESALADORAS

A continuación vamos a mostrar los datos técnicos y específicos obtenidos de cada desaladora, los cuales utilizaremos para el diseño fotovoltaico y pondremos especial atención para obtener el mejor diseño posible en cuanto a geometría, eficiencia, etc.



4.1. Desaladora de Valdelentisco

- Emplazamiento y Características técnicas



La desalinizadora de Valdelentisco, inaugurada oficialmente en enero de 2008, está ubicada en la margen izquierda de la Rambla de Valdelentisco, entre Mazarrón y Cartagena (Murcia). Con una capacidad de producción de agua desalada de entre 50 hHm³/año, ampliables a 70 hHm³/año, (180.000-200.000 m³/día).

La desalinizadora está configurada con cuatro líneas de producción con tres trenes de alta presión cada una. La conversión de diseño de agua por osmosis es del 50%. El agua de mar es captada mediante una toma abierta y es sometida a un pretratamiento previo a la ósmosis inversa, consistente en la dosificación de diversos reactivos químicos y dos etapas de filtración en filtros de arena cerrados y en filtros de cartuchos. Finalmente, para adaptar la calidad del agua desalinizada a la del agua potable, se somete a un post-tratamiento basado en una remineralización mediante la dosificación de dióxido de carbono e hidróxido de calcio.

El agua una vez remineralizada se almacena en un depósito de 20.000 m³ de capacidad situado en la propia desalinizadora desde donde, por gravedad, se conduce a través de dos tuberías de suministro a los depósitos de la red de distribución de ACUAMED y de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla. El rechazo de salmuera es recogido en un colector de salmuera y conducido hasta el mar, previa descarga de la energía a través de una turbina de recuperación tipo Francis. El vertido se realiza a una distancia aproximada de 800 metros de la costa a través de un emisario submarino.

Se ha tenido en cuenta que funciona 350 días al año, 24 horas al día, y teniendo en cuenta los 200.000 m³/día de agua producto que se sacan, se ha estimado el consumo de la desaladora a pleno funcionamiento en 300 millones de kWh/año, (incluirá los 16 trenes y el bombeo de agua tratada), lo que necesitaremos una potencia de 36MW.

Para diseño fotovoltaico, necesitaremos saber de cuanta superficie útil disponemos para colocar y disponer nuestro sistema fotovoltaico. En este caso disponemos de unos 14.000m² para colocar los paneles que nos generen energía.

4.2. Desaladora Guadalentín

- Emplazamiento y Características técnicas



Está situada en la zona norte de Águilas.

Con una capacidad de hasta 172.000 m³/día. Complementa el suministro de las demandas de riego de la zona sur de la Cuenca del Segura, y de abastecimiento a los municipios de Lorca y Águilas. La planta cuenta además con unos importantes sistemas de distribución y bombeo a diferentes usuarios y avanzados sistemas para la difusión y disolución de la salmuera en el mar, promoviendo la protección ambiental.

Tiene una capacidad de producción de 60 hm³ anuales, ampliables a 70. De esta producción, 48 hm³ se destinan a regadío y 12 a abastecimiento urbano.

Se ha estimado un consumo de 260 millones de kWh/año, lo que necesitaremos una potencia de unos 30MW.

Disponemos de unos 25.000 m² de superficie donde poder colocar el diseño fotovoltaico.

4.3. Desaladora Escombreras

- Emplazamiento y Características técnicas



Esta desaladora se ubica en El Valle de Escombreras, (Refinería). Finalizada su construcción en 2010, con una producción máxima de 63.000 m³/día de agua potable que son unos 23 hm³/año, ampliable a 72.000 m³/día unos.

En esta ocasión, dentro del recinto de la desaladora, disponemos de solo 2871 m² sobre los tejados de los edificios, pero esta vez contamos con la posibilidad de optar a 5 solares colindantes al recinto de la desaladora, en los cuales tendríamos un total de 38.000 m² para construir y colocar nuestro diseño fotovoltaico.

Con un consumo estimado de 110 millones de kWh/año, necesitaremos una potencia de 14MW.

4.4. Desaladora San Pedro I y II

- Emplazamiento y Características técnicas



La desaladora San Pedro del Pinatar I (Antonio León Martínez-Campos), está dimensionada para producir y aportar a la Mancomunidad de los Canales del Taibilla un volumen diario de hasta 65.000 m³ de agua potable. Está situada en el paraje del Mojón, en las inmediaciones de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar.

La desaladora San Pedro II, está junto a la de San Pedro I, y es capaz de producir 65.000 m³/día.

Ambas instalaciones hacen un total de 48 hm³/año de agua desalada. Lo que genera un consumo de unos 205 millones de kWh/año, y se necesitarían unos 23 MW de potencia.

Entre ambas instalaciones suman un total de 20.000 m² donde colocar el diseño.

4.5. Desaladora Torrevieja

- Emplazamiento y Características técnicas



La Desaladora de Torrevieja es la instalación de mayor capacidad de producción con 240,000 m³/día de las programadas en el Plan Agua, así como la mayor de Europa y la segunda del mundo con la tecnología de ósmosis inversa. Con producción anual de 85 Hm³.

Se estiman unos 360 millones de kWh/año de consumo energético, para lo cual necesita una potencia de 43MW.

Disponemos de unos 34.600 m².

4.6. Consumo específico en la producción de agua desalada

Para el cálculo de los distintos diseños fotovoltaicos, además de los datos característicos de cada desaladora, se ha determinado un consumo específico para todas, elegido tras una difícil recopilación de información bibliográfica (dificultad para recibir datos reales por parte de las empresas que las gestionan), obteniendo la información proporcionada en las webs de estas.

A continuación, se muestra una tabla detallada, donde calcularemos el consumo específico atendiendo a los datos de partida que hemos podido obtener y contrastar, sobre volúmenes de producción, tiempo de funcionamiento y consumo anual.

DESALADORAS	DIAS FUNCIONAMIENTO	PRODUCCION ANUAL (m ³ /año)	PRODUCCION DIARIA (m ³ /día)	CONSUMO ESPECIFICO ENERGÉTICO (kWh/m ³)	CONSUMO ANUAL (kWh)	POTENCIA (kW)	POTENCIA (MW)
Valdelentisco	350	70.000.000	200000	4,28	300000000	35714,28	35,71
Águilas	350	60.000.000	171428,5714	4,28	256800000	30571,42	30,57
Escombreras	350	25.000.000	71428,57143	4,28	107000000	12738,09	12,73
San Pedro I y II	350	48.000.000	137142,8571	4,28	205440000	24457,14	24,45
Torre vieja	350	84.000.000	240000	4,28	359520000	42800	42,8

Con un simple cálculo; Consumo Anual / Producción anual;

Se ha determinado que el consumo específico que utilizaremos para los diseños fotovoltaicos será de 4,28 kWh/m³.

Este valor es la energía total del proceso (bombeo agua de mar, bombeo intermedio, bombeo a alta presión y bombeo producto a 150 m.s.n.m.).

5. CALCULO DE LOS DISEÑOS FOTOVOLTAICOS

5.1. Elección de módulos e inversores

A continuación, vamos a determinar, tras una búsqueda detallada, el modelo de panel fotovoltaico que utilizaremos en el diseño de las instalaciones, que para este proyecto utilizaremos el mismo modelo para las todas las desaladoras y donde detallaremos como fabricante, datos técnicos, etc

TALESUN TP672P POLYCRYSTALLINE MODULE 72 CELL SERIES 330W

STC Irradiación de 1000 W/m², masa de aire AM 1.5 y temperatura celular de 25 °C

Potencia Máxima	330 W
Eficiencia Módulo	17 %
Tensión Máxima Potencia (V _{mpp})	37,7 V
Corriente de Máxima Potencia (I _{mpp})	8,76 A
Tensión Circuito Abierto (V _{oc})	45,9 V
Corriente Cortocircuito (I _{sc})	9,27 A

NOCT Irradiación de 800 W/m², masa de aire AM 1.5, velocidad del viento de 1 m/s y temperatura ambiente de 20 °C

Potencia Máxima	243 W
Tensión Máxima Potencia (V _{mpp})	34,6 V
Corriente de Máxima Potencia (I _{mpp})	7,04 A
Tensión Circuito Abierto (V _{oc})	42,3 V
Corriente Cortocircuito (I _{sc})	7,51 A
Coef. Temp. 1	0,000147648 mV/°C
Coef. Temp. 2	1,333 W/°C
Coef. Temp. 3	0,43 %/°C

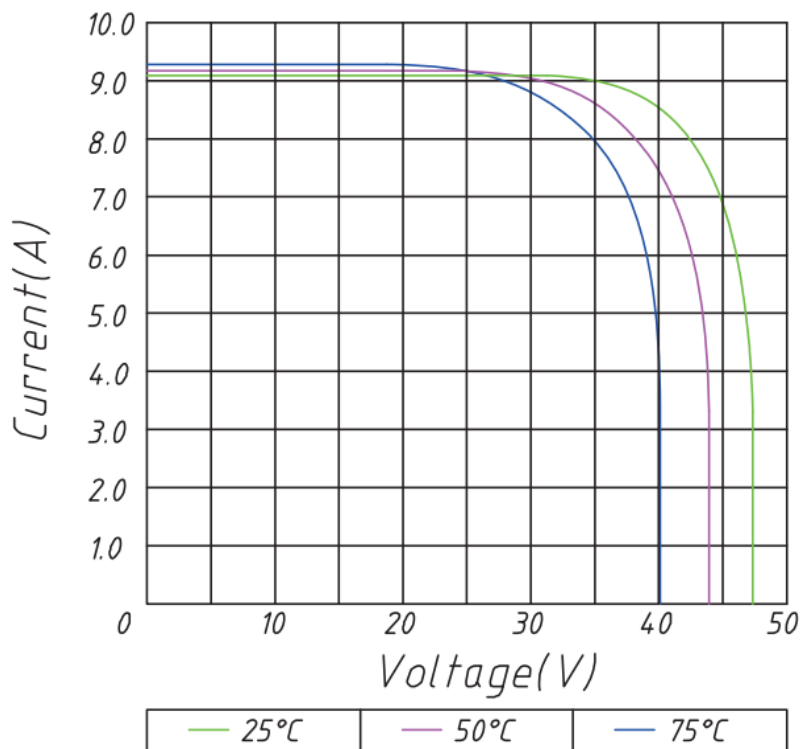
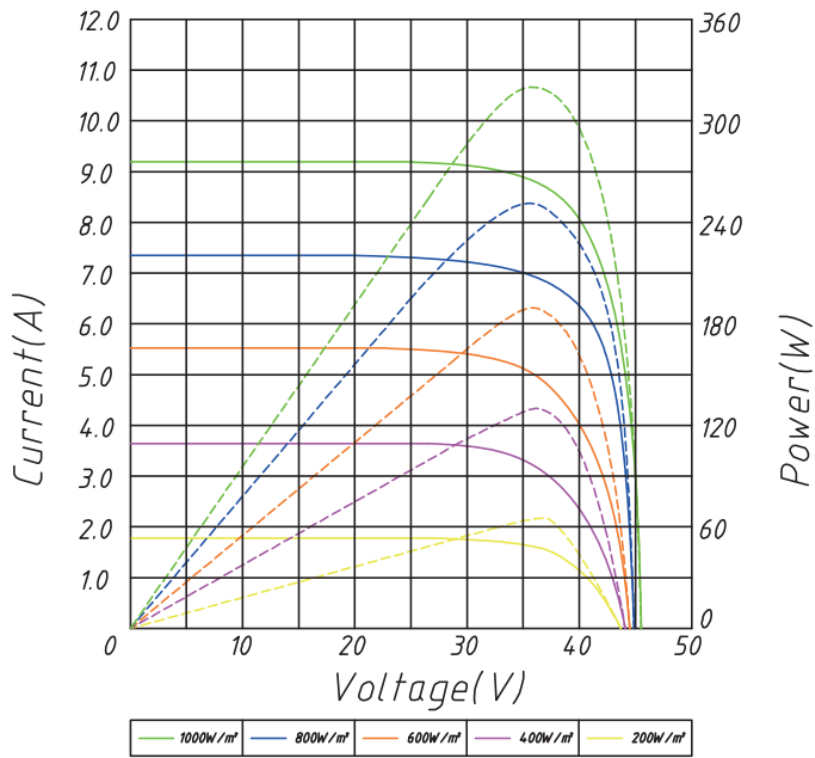
Dimensiones del Módulo	1960*992*40 mm
Área Modulo	1,94 m ²

Longitud del Cable

1200 mm

Sección Cable Transversal

4 mm²



INVERSOR INGECON SUN 100KW**Entrada (CC)**

Tensión CC máx. (UCC, max)	900 V
----------------------------	-------

Intensidad CC máx. (ICC, max)	260 A
-------------------------------	-------

Salida (CA)

Potencia de salida CA nominal (PCA, nom)	110 kW
--	--------

Intensidad nominal CA (ICA, nom)	161 A
----------------------------------	-------

Tensión nominal (UCA, nom)	400 V
----------------------------	-------

Rendimiento

Rendimiento máx.	96.8%
------------------	-------

Euro-eta	95.7%
----------	-------

INVERSOR SOLARMAX 300KW**Entrada (CC)**

Tensión CC máx. (UCC, max)	900 V
----------------------------	-------

Intensidad CC máx. (ICC, max)	720 A
-------------------------------	-------

Salida (CA)

Potencia de salida CA nominal (PCA, nom)	500 kW
---	--------

Potencia de salida máx.	600 kW
-------------------------	--------

Intensidad nominal CA (ICA, nom)	460 A
----------------------------------	-------

Tensión nominal (UCA, nom)	400 V
----------------------------	-------

Rendimiento

Rendimiento máx.	96.5%
------------------	-------

Euro-eta	95%
----------	-----

5.2. Desaladora de Valdelentisco

A continuación, se muestran a continuación un resumen de los resultados obtenido en el cálculo realizado en el ANEXO 1, donde se incluyen todos los detalles del cálculo

Introducimos en el programa las coordenadas de longitud y latitud;

Latitud= 37.584

Altitud= -1.220

Angulo óptimo: 34°.

Angulo del Sol el 21 Dic: 29°.

	Irradiación horizontal	Irradiación ang. óptimo	Temperatura media (de día)
Mes	Wh/m2 /día	Wh/m2 /día	°C
Ene	2530	4220	13,2
Feb	3480	5100	12,8
Mar	5090	6310	14,2
Abr	5980	6390	16,3
May	7030	6690	18,8
Jun	7840	7060	22,1
Jul	7760	7170	25
Ago	6790	6960	26,1
Sep	5270	6220	24,2
Oct	4080	5620	24,3
Nov	2780	4470	17,1
Dic	2280	3980	14,2

- **Nº Total de Paneles = Pot. a instalar Inicial / Pot. Pico Panel =**
 $1000000 / 330 = 3030,303$ paneles.

- **Nº Total de Paneles Final = 3250** paneles (Ajustado para obtener el máximo potencial y aprovechar todo lo posible el espacio del que disponemos).

- **Superficie final ocupada = 13.936 m².**

Con estos obtenemos unas condiciones límites de tensión y corriente, que deberá lidiar nuestro inversor.

- **Factor de Seguridad del Inversor:** 1,2 (damos un 20% de margen de seguridad).

- **Límite de tensión a la entrada del inversor:** 2754 V.

- **Límite de corriente a la entrada del inversor:** 723,06 A.

Condiciones que cumpliremos con 3 Inversores de 300KW + 1 Inversor de 100Kw, anteriormente descritos.

- **POTENCIA FINAL INSTALADA = 1.072.500 Wp = 1,027 MWp**

Cálculo del Rendimiento en función de la temperatura del módulo:

	Temperatura ambiente	Temperatura de la célula	Rendimiento temperatura
	°C	°C	%
Ene	13,2	44,5	92
Feb	12,8	44,1	92
Mar	14,2	45,5	91
Abr	16,3	47,6	90
May	18,8	50,1	89
Jun	22,1	53,4	88
Jul	25,0	56,3	87
Ago	26,1	57,4	86
Sep	24,2	55,5	87
Oct	24,3	55,6	87
Nov	17,1	48,4	90
Dic	14,2	45,5	91

Cálculo del Rendimiento en función de pérdidas en el cableado

Conexión	Longitud	Intensidad	Tensión	Caída de tensión	Sección teórica	Sección con protección	Sección Comercial
	m	A	V	%	mm ²	mm ²	mm ²
Tramo 1	150	9,27	45,9	1,00	51,80	64,8	70
Tramo 2	60	602,55	2295	1,00	26,94	33,7	25
Tramo 3	6	460,00	400	1,00	20,44	25,5	35

Donde;

Tramo 1 = Entre módulos FV y hasta caja de conexión inicial y final de cada ristra en serie.

Tramo 2 = Entre la caja de conexión inicial y final de cada ristra y el inversor, incluyendo conexiones en paralelo.

Tramo 3 = Entre el inversor y el armario de contadores.

Pérdidas Tramo 1	3,15	W
Pérdidas Tramo 2	14900,25	W
Pérdidas Tramo 3	228,53	W
Pérdidas totales	15131,93	W
Rendimiento Cableado	98,59	%

RENDIMIENTO GLOBAL. ``PERFORMANCE RATIO (PR)``.

	R_T	R_{cab}	R_{pol}	R_{dis}	R_{mpp}	R_{inv}	R_{con}	R_{otros}	PR
Ene	91,64	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,808
Feb	91,81	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,809
Mar	91,21	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,804
Abr	90,30	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,796
May	89,23	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,786
Jun	87,81	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,774
Jul	86,56	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,763
Ago	86,09	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,759
Sep	86,91	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,766
Oct	86,86	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,766
Nov	89,96	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,793
Dic	91,21	98,59	99,00	97,00	100,00	95,00	98,00	100,00	0,804

CÁLCULO DE LA ENERGIA GENERADA POR EL DISEÑO FOTOVOLTAICO

Mes	Días/mes	G _t (kWh/m ² /dia)	E _t (kWh/dia)	E _t (kWh/mes)
Ene	31	4,22	3655,64	113324,93
Feb	28	5,10	4426,25	123934,98
Mar	31	6,31	5440,49	168655,17
Abr	30	6,39	5454,92	163647,55
May	31	6,69	5643,03	174933,99
Jun	30	7,06	5860,42	175812,71
Jul	31	7,17	5867,21	181883,56
Ago	31	6,96	5664,25	175591,68
Sep	30	6,22	5110,05	153301,61
Oct	31	5,62	4614,84	143059,97
Nov	30	4,47	3801,35	114040,37
Dic	31	3,98	3431,56	106378,38
Media anual:		5,85	4914,17	149547,07
Total anual:				1794564,87 kWh/año

Una vez realizados los cálculos, observamos que seremos capaces de producir:

1794564,87 kWh/año = 1794,56487 MWh/año = 1,794 TWh/año.

5.3. Resumen del cálculo del resto de desaladoras

Se incluyen a continuación los resultados principales del cálculo para el resto de desaladoras. Los detalles se encuentran en los Anexos respectivos:

	Nº Paneles	Sup. Disponible (m2)	Sup. Ocupada (m2)	Pot. Inicial (MW)	Inversores	Pot. Instalada (MW)	Energía Anual Generada (MWh/año)
Guadalestín	5600	25.000	24.013	1,8	6x300kW	1,848	2704,32
Escombreras	8600	38.000	36.877	2,8	9x300kW + 1x100kW	2,838	4726,31
San Pedro I y II	4600	20.000	19.897	1,5	5x300kW	1,518	2700,96
Torrevieja	7600	34.600	32.589	2,5	8x300kW + 1x100kW	2,508	4290,95

6. ESTUDIO ECONÓMICO Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

6.1. Desaladora de Valdelentisco

Vamos a calcular estudiar el balance económico que tiene la instalación. Se asumen varias simplificaciones, pero se obtendrá un resultado que permite evaluar la rentabilidad de la instalación y el tiempo que tardaríamos en recuperar la inversión.

Todos los cálculos se detallan en el ANEXO 2.

1) Coste de la instalación:

Precio paneles:	601445 €
Precio BOS (Inversor):	150000 €
Precio resto BOS:	100000 €
TOTAL:	851445 €

2) Costes mantenimiento:

Gasto anual (% sobre coste instalación)	1 %
Gasto anual:	8514,45 €
Reparaciones puntuales:	10000 €
Desinstalación y reciclado:	40000 €
Otros:	50000 €

3) Parámetros económicos:

Tasa de inflación:	2 %
Tasa de inflación (eléctrica):	2 %
Tasa de interés:	1,25 %
Precio kWh en red:	0,1457 €/kWh
Coste Tm CO ₂ :	5,66 €/Tm CO ₂
Impuestos a la generación:	0,01 €/kWh

Con todo lo anteriormente descrito, a partir de esos datos, se va a calcular el balance económico, para ver la rentabilidad de nuestra instalación, y cuando recuperaríamos la inversión.

	Contabilidad anual			Beneficio		TR	
	Precio/kWh	Entradas	Salidas	Balance anual	Acumulado		Acumulado (NPV)
	€	€	€	€	€	€	
0	0,146	261468,1	877905,10	-616437,00	-616437,00	-616437,00	-0,724
1	0,149	264563,9	26486,82	238077,06	-378359,93	-370792,74	-0,435
2	0,152	267696,3	26514,69	241181,63	-137178,31	-131691,18	-0,155
3	0,155	270865,8	26543,71	244322,14	107143,83	100715,20	0,118
4	0,158	274072,9	26573,85	247499,05	354642,88	326271,45	0,383

TABLA DE ANEXO 2.1. BALANCE ECONÓMICO

Ahorro económico por emisiones CO₂eq (50 años)	170.271,36	€
--	------------	---

TABLA DE ANEXO 2.1. BALANCE ECONÓMICO

Como podemos observar, rentabilizaríamos la inversión de nuestro diseño fotovoltaico al 3 año.

6.2. Resumen de resultados económicos de las otras desaladoras

Se incluye a continuación un resumen del resultado económico esperado para el caso de las otras desaladoras (los detalles del cálculo se incluyen en el Anexo 2), además se adjunta el ahorro que conseguiríamos en contaminación al final de la vida útil de las instalaciones:

GUADALENTÍN

	Contabilidad anual			Beneficio		TR	
	Precio/kWh	Entradas	Salidas	Balance anual	Acumulado		Acumulado (NPV)
	€	€	€	€	€	€	
0	0,148	398887	1356542,55	-957655,50	-957655,50	-957655,50	-0,728
1	0,150	403609,9	40253,47	363356,40	-594299,11	-582413,12	-0,442
2	0,153	408388,6	40302,12	368086,49	-226212,62	-217164,12	-0,165
3	0,157	413223,9	40352,49	372871,44	146658,82	137859,29	0,105
4	0,160	418116,5	40404,57	377711,94	524370,75	482421,09	0,366

Ahorro económico por emisiones CO2eq (50 años)	256.590,4	€
---	-----------	---

ESCOMBRERAS

	Contabilidad anual			Beneficio		TR	
	Precio/kWh	Entradas	Salidas	Balance anual	Acumulado		Acumulado (NPV)
	€	€	€	€	€	€	
0	0,146	688623,2	2058694,25	-1370071,08	-1370071,08	-1370071,08	-0,688
1	0,149	696776,5	67198,45	629578,02	-740493,05	-725683,19	-0,364
2	0,152	705026,3	67221,67	637804,63	-102688,42	-98580,88	-0,050
3	0,155	713373,8	67247,89	646125,92	543437,51	510831,26	0,257
4	0,158	721820,2	67277,09	654543,07	1197980,57	1102142,13	0,553

Ahorro económico por emisiones CO2eq (50 años)	448.440,19	€
---	------------	---

SAN PEDRO I y II

	Contabilidad anual			Beneficio		TR	
	Precio/kWh	Entradas	Salidas	Balance anual	Acumulado		Acumulado (NPV)
	€	€	€	€	€	€	
0	0,146	393530,1	1139251,91	-745721,84	-745721,84	-745721,84	-0,677
1	0,149	398189,5	38026,08	360163,39	-385558,45	-377847,28	-0,343
2	0,152	402904	38031,98	364872,05	-20686,40	-19858,94	-0,018

3	0,155	407674,4	38039,59	369634,83	348948,43	328011,52	0,298
4	0,158	412501,3	38048,91	374452,38	723400,81	665528,74	0,604

Ahorro económico por emisiones CO2eq (50 años)	256.271,80	€
---	------------	---

TORREVIEJA

	Contabilidad anual			Beneficio		TR	
	Precio/kWh	Entradas	Salidas	Balance anual	Acumulado		Acumulado (NPV)
	€	€	€	€	€	€	
0	0,146	625191,6	1816930,07	-1191738,51	-1191738,51	-1191738,51	-0,678
1	0,149	632593,8	60482,08	572111,74	-619626,78	-607234,24	-0,346
2	0,152	640083,7	60492,85	579590,89	-40035,89	-38434,45	-0,022
3	0,155	647662,3	60506,33	587155,99	547120,10	514292,90	0,293
4	0,158	655330,6	60522,52	594808,13	1141928,23	1050573,97	0,598

Ahorro económico por emisiones CO2eq (50 años)	407132,71	€
---	-----------	---

Como podemos observar para el resto de instalaciones también tendríamos el mismo periodo de retorno, con lo que amortizaríamos el diseño fotovoltaico al 3 año.

7. ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El término de impacto ambiental se define como el efecto que provoca una determinada actuación sobre el medio ambiente, en nuestro caso la actuación que vamos a analizar es la instalación y puesta en funcionamiento de una planta fotovoltaica en las desalinizadoras de la Región de Murcia.

Para este apartado del proyecto, englobaremos todas las desalinizadoras en un mismo razonamiento, puesto que todas presentan casi las mismas características en cuanto a características técnicas, lugar geográfico, flora y fauna de alrededor, así como el terreno.

La construcción de la planta provocará sobre el medio una influencia que podría ser considerada permanente ya que no variará en el tiempo, ocupará una porción de terreno, afectará de una manera u otra a la fauna, alterará los usos actuales del suelo y producirá un cambio en el paisaje. Todos estos factores van a ser considerados en este apartado para la valoración correcta de los impactos generados por el proyecto.

7.1 Caracterización de impactos

A continuación vamos a caracterizar y valorar las alteraciones o impactos producidos por la instalación y funcionamiento de la central fotovoltaica (siguiendo la metodología indicada en la sección 3).

PONDERACIÓN DE FACTORES (CONSTRUCCIÓN)				
SISTEMA	%	ELEMENTO AMBIENTAL	%PARCIAL	%TOTAL
MEDIO FÍSICO	50	cambios en el relieve	10	5
		disminución calidad suelo	10	5
		compactación y degradación del suelo	10	5
		posible contaminación	15	7,5
		cambios erosión/sedimentación	10	5
		alteración aguas subterráneas	10	5
		alteración aguas superficiales	15	7,5
		atmósfera: emisión de polvo	10	5
		atmósfera: ruido	10	5
MEDIO BIÓTICO	30	pérdida de vegetació	40	12
		degradación vegetación	30	9
		pérdida calidad hábitat	30	9
MEDIO SOCIOECONÓMICO	15	generación de empleo	25	3,75
		molestias por ruidos y vibraciones	25	3,75
		afeccion sectores primario, sec y terc.	25	3,75
		uso del suelo	25	3,75
PAISAJE	5	disminución calidad paisajística	100	5

PONDERACIÓN DE FACTORES (CONSTRUCCIÓN)				
SISTEMA	%	ELEMENTO AMBIENTAL	%PARCIAL	%TOTAL
MEDIO FÍSICO	50	cambios en el relieve	25	12,5
		cambios erosión/sedimentación	25	12,5
		posible contaminación	25	12,5
		alteración aguas subterráneas	25	12,5
MEDIO BIÓTICO	30	efecto barrera	40	12
		alteración del habitat	60	18
MEDIO SOCIOECONÓMICO	15	usos del suelo	20	3
		mejora situación energética	50	7,5
		aceptacion social del proyecto	30	4,5
PAISAJE	5	presencia fisica de la central	100	5

Después de realizar las tablas anteriores podemos pasar a una evaluación global tanto de nuestra obra como de nuestra alternativa en las fases de construcción y explotación.

FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS	FASE CONSTRUCCIÓN													IMPORTANCIA ABSOLUTA
	IMPACTOS PRINCIPALES	PESO FACTOR	SGNO	EXTENSION	INTENSIDAD	ACUMULACIÓN	SINERGIA	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD	PERIODICIDAD	MOMENTO	EFEECTO	
EDAFOLOGÍA	Cambios en el relieve	5	-1	8	8	1	1	4	4	4	4	4	4	-66
EDAFOLOGÍA	Disminución calidad suelo	5	-1	4	4	1	1	4	4	2	4	4	4	-44
EDAFOLOGÍA	Compactación y degradación del suelo	5	-1	8	8	2	1	4	2	2	4	4	4	-63
EDAFOLOGÍA	Posible contaminación	7,5	-1	2	4	2	1	2	1	1	1	4	1	-29
EDAFOLOGÍA	Cambios erosión/sedimentación	5	-1	4	4	4	1	4	4	2	2	4	4	-45
HIDROLOGIA	Alteración Aguas Subt.	5	-1	1	2	1	1	2	2	1	1	4	4	-24
HIDROLOGIA	Alteración Aguas Superf.	7,5	-1	1	2	1	1	2	2	1	1	4	4	-24
ATMOSFERA	Emisión de polvo	5	-1	4	8	1	1	2	2	1	2	4	4	-49
ATMOSFERA	Ruido	5	-1	8	8	1	1	2	2	1	2	4	4	-57
VEGETACIÓN	Pérdida Vegetación	12	-1	8	4	1	1	4	4	2	4	4	4	-52
VEGETACIÓN	Degradación Vegetación	9	-1	4	4	4	1	4	4	2	4	4	4	-47
FAUNA	Pérdida calidad hábitat	9	-1	8	4	1	1	4	4	2	4	4	4	-52
ECONÓMICO	Generación de empleo	3,75	1	4	8	1	1	2	2	1	4	4	4	51
SOCIAL	Molestias por ruidos u vibraciones	3,75	-1	4	8	4	1	2	2	1	2	4	4	-52
ECONÓMICO	Afección sector primario, sec y terc.	3,75	-1	4	4	1	1	2	2	1	2	4	1	-34
TERRITORIAL	Usos del suelo	3,75	-1	4	4	1	1	4	4	2	4	4	1	-41
PAISAJE	Disminución calidad paisajística	5	-1	2	2	1	1	4	4	2	4	1	1	-28
	TOTAL	100												
	Valoración Proyecto	-38,58823529												

FASE FUNCIONAMIENTO														
FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS	IMPACTOS PRINCIPALES	PESO FACTOR	SGNO	EXTENSION	INTENSIDAD	ACUMULACIÓN	SINERGIA	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD	PERIODICIDAD	MOMENTO	EFECTO	IMPORTANCIA ABSOLUTA
		EDAFOLOGÍA	Cambios en el relieve	12,5	-1	2	2	1	1	4	4	4	4	4
EDAFOLOGÍA	Cambios erosión/sedimentación	12,5	-1	4	4	1	1	4	4	2	4	4	4	-44
EDAFOLOGÍA	Posible contaminación	12,5	-1	4	4	4	1	2	1	1	1	4	4	-38
HIDROLOGIA	Alteración Aguas Subt.	12,5	-1	4	2	4	1	2	1	1	1	4	4	-32
FAUNA	Efecto barrera	12	-1	2	4	4	1	4	2	2	4	4	4	-41
FAUNA	Alteración hábitat	18	-1	4	4	1	1	4	2	4	4	4	1	-41
TERRITORIAL	Usos del suelo	3	-1	4	4	1	1	4	4	2	1	4	4	-41
ECONÓMICO	Mejora situación energética	7,5	1	8	8	1	1	4	2	2	4	4	4	62
SOCIAL	Aceptación social del proyecto	4,5	1	2	2	1	1	4	2	1	4	4	4	31
PAISAJE	Presencia física de la central	5	-1	4	4	1	1	4	2	2	4	4	4	-42
	TOTAL	100												
	Valoración Proyecto	-22,2												

Para la fase de construcción tenemos una valoración de -46.5 por lo que tendremos un impacto moderado sobre el medio por lo que la aplicación de medidas correctoras será opcional. En la tabla podemos observar los impactos más importantes, marcados en rojo, que en nuestra obra serán los cambios producidos en el relieve, la compactación y degradación del suelo, el ruido producido, la degradación de la vegetación, la pérdida de calidad del hábitat y por último las molestias ocasionadas por ruidos y vibraciones. Todos ellos catalogados como severos por lo que sobre ellos diseñaremos las medidas correctoras a tomar. Aquellos impactos con una importancia entre 25-50 serán catalogados como moderados, y por último aquellos con una importancia inferior a 25 como es en nuestro caso la alteración de las aguas subterráneas y superficiales serán catalogados como compatibles.

En la fase de funcionamiento tenemos una valoración de -26 por lo que también tenemos un impacto moderado sobre el medio con la aplicación de medidas correctoras de carácter opcional. En este caso sólo contamos con un impacto severo que serán los cambios en el relieve. Cabe destacar que contamos con dos impactos positivos sobre el medio que son la mejora de la situación energética y la aceptación social del proyecto

7.2. Medidas Protectoras y Correctoras

Se han elaborado una serie de medidas correctoras dependiendo del medio afectado y las causas que lo originan, en algunos casos estas medidas son preventivas aunque en otros casos serán paliativas, están destinadas a minimizar los aspectos negativos o compensar las carencias inducidas por las acciones de este proyecto.

El fin de este apartado es describir las medidas adecuadas para atenuar o suprimir los efectos ambientales negativos del proyecto. Las medidas a adoptar están basadas en el análisis de los impactos, para actuar en las primeras fases de su generación para conseguir reducir las consecuencias negativas, rebajar los costes de operación y sobre todo los costes de restauración.

Las medidas se clasifican en:

— Medidas preventivas y/o protectoras: son de aplicación sobre la actividad, ya que si se modifica las características de la actuación se puede reducir la agresividad de la misma, o sobre el factor o factores potencialmente alterados. Estas medidas evitan la aparición de un impacto o disminuye su intensidad a priori por lo que deben adoptarse antes de la aparición de dicho impacto.

— Medidas correctoras: son aquellas empleadas con el objetivo de minimizar o corregir impactos que ya se han originado, para intentar recuperar el estado inicial o disminuir la magnitud del efecto.

Medidas Protectoras

Calidad del aire

Para reducir la emisión de ruido se usará maquinaria de construcción que cumpla los valores límite de emisión de ruido establecido en la normativa, evitando en la medida de lo posible el funcionamiento simultáneo de maquinaria pesada y operaciones bruscas de aceleración y retención. Durante la ejecución de las obras, debido a los movimientos de tierra se evitará la contaminación de la atmósfera por partículas de polvo, para ello se regarán periódicamente los caminos y terrenos de las obras.

Calidad de agua

Se propone eliminar los vertidos accidentales o incontrolados. En las obras de ejecución si fuera necesario realizar cambios de aceite, reparaciones y lavados de maquinaria se realizarán en zonas específicas donde no exista peligro de contaminación de aguas, protegiendo la red de drenaje natural.

Suelo

Se minimizarán las zonas de acopio de materiales para las obras.

Se reducirán al mínimo la afección a las zonas de arbolado para evitar en desencadenamiento de erosión en aquellas zonas donde la cubierta tiene un papel de protección y retención del suelo.

Recuperación de la vegetación autóctona, fomentando cultivos protectores en suelos con alto grado de erosión.

Controlar el agua de escorrentía con canales para evitar el paso del agua en zonas erosionables.

Vegetación

Efectuar plantaciones o siembras en aquellas zonas afectadas.

Uso racional de fitosanitarios y fertilizantes.

Conservación y reconstrucción de los suelos.

Se repoblará con especies autóctonas o aquellas que se encuentren frecuentemente y están adaptadas en la zona.

Fauna

Se evitará voladuras, ruidos y vibraciones en épocas de reproducción. Si se detecta algún nido este será respetado. Se hará un estudio de los pasos y señalizaciones para no introducir elementos perturbadores en el medio. Una vez acabadas las obras se adecuarán los nuevos hábitats para que puedan albergar nuevas especies.

Paisaje

Se adaptarán las obras a las formas del medio.

Las estructuras estarán proyectadas de manera que se produzca el menor corte visual para que se integren con el entorno.

Una vez acabadas las obras se harán plantaciones de vegetación con especies y formas parecidas al paisaje ya existente.

Patrimonio histórico y territorial

Si durante las obras se realizarán descubrimientos arqueológicos o bienes culturales, la dirección de obra suspenderá los trabajos y comunicará a los organismos competentes dichos descubrimientos.

Medio socio-económico

Se realizarán las obras en el menor tiempo posible para molestar lo mínimo posible a la población.

Una vez concluidas las obras de ejecución la aplicación de las medidas preventivas tendrá por objeto reducir el impacto generado en la fase de ejecución. Se proponen las siguientes medidas:

- Eliminación adecuadas de los materiales sobrantes de la fase de construcción y de aquellos vertidos accidentales una vez hayan terminados los trabajos de instalación de los paneles fotovoltaicos. Por otra parte también se tendrá en cuenta la recuperación y conservación de los suelos de la zona, por lo tanto el suelo almacenado procedente de los movimientos de tierras será empleados para la restauración de zonas deterioradas.

- La planta tiene prevista una vida útil de 25 años si los equipos no son renovados. Al finalizar este periodo, si se decide el cierre de la actividad, se tendrá en cuenta la restauración de las condiciones ambientales anteriores a la construcción de la planta. Se procederá al desmantelamiento de la explotación haciendo uso de las siguientes medidas:
 - Desmontaje de toda la instalación incluyendo los materiales y los equipos.
 - Segregación y clasificación de los residuos generados por materiales.
 - Entrega o retirada de estos residuos a un gestor autorizado.
 - Reciclaje y reutilización de los materiales y equipos que lo requieran, para otras instalaciones.
 - Reparación del suelo eliminando las losas de hormigón.

Medidas correctoras

- Creación de pantallas vegetales que se interpongan entre los observadores y la planta fotovoltaica. Si la pantalla es viable debe hacerse con vegetación autóctona y con una altura y características que deben ser analizadas en cada caso.

- La zona de implantación de los módulos fotovoltaicos irá delimitada por un cerramiento de color verde.

- La ocupación del suelo originará la pérdida de la cubierta vegetal lo que puede provocar que se produzca erosión y pérdida de suelo. Para evitarlo se propone realizar siembras.

De esta manera el arbolado perimetral va a compensar el impacto sobre el paisaje debido al contraste visual de la instalación y la plantación de especies autóctonas evitará la erosión del suelo. Dadas las características del proyecto será imprescindible el mantenimiento de dicha barrera vegetal controlando el crecimiento para que no se produzcan sombras sobre la instalación.

7.3. Programa de Vigilancia Ambiental

La vigilancia ambiental es el proceso de control y seguimiento de los aspectos Medioambientales del Proyecto. Su objetivo es establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las medidas protectoras y correctoras contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental. Además se debe permitir la valoración de los impactos que sean difícilmente cuantificables en la fase de estudio, pudiendo diseñar nuevas medidas correctoras en el caso que las existentes no sean suficientes.

La finalidad es evitar y subsanar los problemas que puedan surgir durante la ejecución de las medidas protectoras y correctoras, en la primera fase previniendo los impactos, y en la segunda controlando los aspectos relacionados con la recuperación y la comprobación de la efectividad de las medidas aplicadas.

Acciones a realizar, recogida y análisis de datos.

- Observación y control en la fase de construcción para evitar que se produzcan derrames accidentales de cualquier tipo de sustancia. En caso de producirse se procederá a la eliminación adecuada avisando al gestor autorizado y se restituirán los aspectos originales del terreno.

- Inspeccionar al finalizar la fase de construcción que no se ha producido ningún residuo. Gestionar los residuos de manera adecuada en caso de producirse y restituir el aspecto original del terreno.

- Controlar que en la fase de explotación, durante el mantenimiento de la planta, no se utilicen sustancias que generen residuos peligrosos. Cuando se proceda a la limpieza de los paneles fotovoltaicos, se utilizará exclusivamente agua sin ningún aditivo.

- Supervisar durante los mantenimientos las características de los terrenos, sobre todo las erosiones y arrastres del suelo a causa de las lluvias torrenciales y su restauración en caso de producirse.

- De forma periódica se procederá al mantenimiento de las distancias mínimas para evitar sombras sobre los módulos mediante podas.

6. CONCLUSIÓN

Se han diseñado varias instalaciones fotovoltaicas para suministrar energía eléctrica de origen renovable a las desaladoras de la Región de Murcia. Debido a limitaciones de espacio, las instalaciones fotovoltaicas no cubren el total de la demanda, pero sí una parte, que ha sido estimada en cada caso.

Se han diseñado las instalaciones bajo ciertas condiciones, aprovechando al máximo el espacio dentro del recinto de cada instalación (suelo + cubiertas), siendo el factor superficie en este caso el factor limitante más importante que nos ha condicionado en la producción de energía y con ello el ahorro económico y ambiental.

Con este estudio, se ha estudiado la rentabilidad de una planta fotovoltaica para cada una de las 4 desaladoras (de gran producción) en la Región de Murcia, y además para la desaladora de Torrevieja (Alicante, la más grande en cuanto a producción, que también abastece a municipios de la Región de Murcia).

Se ha estimado para este estudio, con los datos reales que se han podido conseguir, un consumo medio energético para todas de 4,28 kWh por cada m³ de agua desalada un valor aún alto.

En el caso de Valdelentisco (Mazarrón), con la planta fotovoltaica diseñada, de 1,027 MW de potencia instalada, se consigue generar en torno a 1.794.564,87 kWh/año de energía con los 14.000m² disponibles, lo que supone un 0,6% del total anual necesario para desalar el volumen de agua que actualmente está abasteciendo.

Con la planta fotovoltaica para la desaladora de Guadalentín (Águilas) de 25.000 m² y de 1,85 MW de potencia instalada, conseguimos generar el 1,05% de total. En la de Escombreras (38.000 m² y 2.84 MW de potencia instalada), San Pedro I y II (20.000 m² y 1,52 MW de potencia instalada) y en Torrevieja

(34.600 m² y 2,5 MW de potencia instalada), conseguimos un 4.3%, 1.3% y 1.2%, respectivamente. Unos valores muy bajos en cuanto al total de energía necesaria para abastecer el 100% de las necesidades, pero que no pueden pasarse por alto en términos de ahorro en general. Esta limitación tiene su origen en la limitación de espacio disponible en los terrenos de las propias desaladoras. Utilizando parcelas adyacentes o más alejadas y transportando la electricidad generada en una red propia o mediante Red Eléctrica Española, sería posible incrementar el porcentaje de energía fotovoltaica consumida por las desaladoras.

En cuanto al aspecto económico se observa una similitud en la rentabilidad de la inversión del diseño, 3-4 años, puesto que en todos los casos se ha utilizado la misma tecnología bajo unas condiciones de irradiación muy similares ya que todas se sitúan en la misma región. Este ahorro y el punto de retorno de la inversión se han calculado para una estimación moderada del precio de la electricidad comercial que es sustituida por la electricidad fotovoltaica generada en cada una de las plantas. En resumen, una instalación de energía renovable como esta, nos protege las cuentas económicas de un incremento futuro en los costes de la energía eléctrica.

Tras estudiar y evaluar el impacto ambiental que conlleva la instalación de estas plantas fotovoltaicas en la Región de Murcia, se ha llegado a la conclusión, de que el proyecto es completamente viable en términos ambientales, puesto que tenemos un grado de impacto moderado, lo que nos permite dar el visto bueno.

Otra opción sería no hacer nada, pero esta opción no se contempla, puesto que como acabamos de ver el impacto ambiental sería aceptable y está dentro de los márgenes legales, y el no implantar esta tecnología renovable, nos estaría privando de un ahorro considerable de energía y dinero, así como una gran mejora en la reducción directa de contaminación.

Consideraciones futuras para la combinación de una planta fotovoltaica con una instalación de desalinización de agua de mar:

- Consideraciones sobre las Leyes y Decretos reguladoras de estas instalaciones del país correspondiente.
- Seguir avanzando con la mejora en la eficiencia de la tecnología fotovoltaica.

Debido a la gran cantidad de energía eléctrica que se necesita para desalar agua de mar, es de vital importancia seguir estudiando la optimización de dichos procesos de desalación.

7. BIBLIOGRAFÍA

Anta Fernández, J. (2004): "La radiación solar". En Martín Municio, A. y Colino Martínez, A. (Dir.): Diccionario Español de la Energía. Aranjuez, Ed. Doce Calles.

De la Cruz Molina, C. (2006), `` La desalinización del agua de mar mediante el empleo de energías renovables´´, N°88.

Dévora-Isiordia, G E. Lestes Ayala, L. Lorena Cortes, L. "Simulación de una planta desalinizadora de agua de mar, por medio del software im desing como estrategia para fortalecer el desarrollo social del norte caribe colombiano-municipio de uribía-la guajira", Tesis doctoral (Instituto Tecnológico de Sonora, México), 2014/07/12; doi: 10.13140/RG.2.2.11593.39528.

Duranceau, SJ. Pfeiffer-Wilder, RJ. Douglas, SA. Peña-Holt, IC. Watson, N. 2011. ``Posttreatment stabilization of desalinated water´´. Water Research Foundation, Denver, USA, 194 pp.

García-Rubio, MA. Guardiola, J. (2012), ``International Journal of Water Resources Development´´, ``Desalination in Spain. A growing alternative for water supply´´. Vol 28 171-186 pp.

Lattemann, S. Höpner, T. 2003. ``Seawater desalination - impacts of brine and chemical discharge on the marine environment´´. Balaban Desalination Publ. L´Aquila.

Lew, B. Cochva, M. Lahav, O. 2009. ``Potential effects of desalinated water quality on the operation stability of wastewater treatment plants``. *Science of the Total Environment* 407:2404–2410.

Martínez-Alvarez, V. Martín-Gorriz, B. Soto-García, M. 2016. ``Seawater desalination for crop irrigation`` – A review of current experiences and revealed key issues. *Desalination* 381: 57-80. doi:10.1016/j.desal2015.11.032.

Palomar, P. Losada, IJ. 2010. ``Desalination in Spain: recent developments and recommendations``. *Desalineación* 255:97–106.

Shaffer, DL. Yip, NY. Gilron, J. Mebachem, E. 2012. ``Seawater desalination for agriculture by integrated forward and reverse osmosis``: Improved product water quality for potentially less energy. *Journal of Membrane Science* 415-416:1–8.

Villar García, A. `` El coste energético de la desalinización en el programa a.g.u.a``, nº62, 2014. doi:10.14198/INGEO2014.62.07.

Zarzo, D, Campos, E. Terrero, P. - ``Desalination and Water Treatment``, 2013- Taylor & Francis.

Web/Buscador:

- **Acciona (www.accion-aqua.com) – Torrevieja.**
- **Acuamed (www.acuamed.es) – Valdelentisco.**

- **Apuntes de la asignatura Evaluación de Impacto Ambiental de 2º curso de Grado de Ingeniería Civil.**
- **Grupo Cobra (www.grupocobra.com) – Escombreras.**
- **IDAE - Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía.**

- **Mancomunidad de los Canales del Taibilla (www.mct.es)- San Pedro I y II.**

- **Ministerio de Agricultura y Pesca. Alimentación y Medio Ambiente. (www.hispagua.cedex.es).**

- **REE (2017): Red Eléctrica de España. `` Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2017``.**

- **Sacyr (www.sacyr.com) – Guadalentín.**

- **Schoolar Google.**

- **UNESA (1998): Centrales eléctricas. Madrid. 71 pp.**

- **Web of Science.**

Revistas:

- www.ecured.cu - Proyecto de enciclopedia en red del gobierno de Cuba.
- www.journals.elsevier.com/solar-energy/ - Periódico oficial de la Sociedad Internacional de Energía Solar, se dedica exclusivamente a la ciencia y la tecnología de las aplicaciones de energía solar.
- <https://www.journals.elsevier.com/renewable-energy> - La revista, Renewable Energy, busca promover y diseminar conocimiento sobre los diversos temas y tecnologías de los sistemas y componentes de energía renovable.
- www.nature.com - Prestigiosa revista científica a nivel mundial.