

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TEXTIL Y PAPELERA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, CAMPUS DE ALCOY



Diseño de una planta solar utilizando energías renovables para aumentar la calidad de los recursos hídricos

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor: Soukaina Belghanou Tarhouli

Tutor: Dra. Dña. Rosa Vercher Pérez

Cotutor: Dra. Dña. Ana María Amat Payá

Julio 2017

Índice de contenidos

1. Introducción.....	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 La contaminación del agua	6
1.3 El espectro solar y la radiación UV	10
1.4 Tratamientos solares para las aguas residuales	12
1.5 Fotocatálisis solar	13
1.5.1 Fotocatálisis heterogénea	14
1.5.2 Fotocatálisis homogénea (foto-Fenton).....	17
1.6 Importancia de la radiación solar en el tratamiento.....	19
1.7 Evolución y tipos de reactores.....	19
1.6.1 Reactores solares de media concentración.....	20
1.6.2 Reactores solares no concentradores	22
2. Objetivos.....	25
3. Normativa	26
4. Descripción del Proyecto	28
4.1 Análisis del entorno	28
4.1.1 Ubicación geográfica	28
4.1.2 Topografía.....	28
4.1.3 Climatología e hidrología.....	29
4.1.4 Radiación solar.....	31
4.2 Descripción general del reactor.....	32
4.2.1 Planta piloto	32
4.2.2 Descripción general y materiales	32
4.2.3 Descripción de equipos de control.....	33
4.3 Consumo energético actual.....	36
5. Implementación de sistemas de abastecimiento energético	38
5.1 Energía solar fotovoltaica	38
5.1.1 Aspectos técnicos	38
5.1.2 Partes que conforman un sistema fotovoltaico	38
5.1.3 Aspectos ambientales.....	40
6. Cálculo de la instalación fotovoltaica aislada	41

6.1 Consumos estimados.....	41
6.2 Radiación solar disponible.....	41
6.3 Tamaño del panel.....	42
6.4 Capacidad de los acumuladores.....	42
6.5 Selección del regulador y el inversor.....	44
7. Inclinação de los paneles solares.....	45
8. Posibles propuestas.....	46
8.1 Paneles solares.....	46
8.1.1 Placa solar fotovoltaica policristalina SCL-150P1.....	46
8.1.2 Placa solar fotovoltaica Techno Sun monocristalina.....	47
8.1.3 Placa solar fotovoltaica policristalina 150W.....	48
8.1.4 Placa solar fotovoltaica Solarworld.....	49
8.1.5 Placa solar fotovoltaica Waaree.....	50
8.2 Regulador de carga.....	51
8.3 El inversor.....	53
8.4 Baterías.....	53
9. Selección del sistema de abastecimiento energético.....	56
10. Propuesta de intervención.....	58
10.1 Coste de la instalación.....	58
11. Escalado industrial.....	59
11.1 Paneles solares.....	59
11.2 Baterías.....	60
11.3 Inversor y regulador de carga.....	61
11.4 Coste de inversión.....	62
12. Conclusiones.....	63
13. Anexos.....	64
13.1 Representaciones gráficas de la planta piloto.....	64
13.1.1 Plano de la planta solar.....	64
13.1.2 Esquema eléctrico.....	64
14. Referencias bibliográficas.....	66
Glosario de unidades.....	73

Resumen

La emisión de los contaminantes emergentes (CEs) ha alcanzado una amplia importancia a nivel mundial y son muchas las organizaciones de reconocida relevancia que han tomado conciencia del problema. Los contaminantes emergentes, no son regulados en su mayoría, y pueden llegar a tener un fuerte impacto medioambiental. La mayor fuente de los CEs son las aguas residuales urbanas y también aparecen en los efluentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs).

La problemática está relacionada con el hecho de que su eliminación completa en las EDARs no está asegurada por tratamientos convencionales, además una vez que estos contaminantes y metabolitos llegan a los ecosistemas acuáticos o terrestres, pueden llegar a presentar efectos tóxicos y bioacumulación. Por ello, es necesario utilizar tratamientos alternativos como los Procesos de Oxidación Avanzada (POAs), que logran producir especies altamente oxidantes, como el radical hidroxilo, dando lugar a la eliminación total o parcial de los compuestos resistentes a los tratamientos convencionales. Estos procesos pueden emplear la radiación solar como fuente de energía y esto les da una ventaja desde el punto de vista medioambiental y económico.

La energía solar es una alternativa bastante decisiva ya que es un recurso de uso universal. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar a energía eléctrica se requiere de un sistema fotovoltaico apropiado. El coste que conlleva utilizar la energía solar no es más que el coste de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

En el presente proyecto se pretende buscar una alternativa que ayude a reducir los costos energéticos y medioambientales al implementar un sistema que incorpora energías renovables como parte de la alimentación energética de una planta destinada al tratamiento de aguas residuales.

Para lograrlo, se ha caracterizado el reactor fotocatalítico, cuantificando su consumo energético para el tratamiento de un agua con un tóxico modelo que se ha mantenido constante durante el estudio.

Se ha realizado un estudio comparativo de los diferentes sistemas de abastecimiento energético y las posibles alternativas que se presentan en el mercado con el fin de acoplar paneles solares para lograr suministrar la cantidad de energía que necesita la planta.

Finalmente, se realiza un análisis comparativo de las opciones que se encuentran actualmente en el mercado para lograr la eficiencia energética del sistema y de este modo contribuir con los principios de sostenibilidad energética.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El agua, elemento indispensable para multitud de actividades, se ha convertido en un bien público y social cuya conservación requiere un esfuerzo constante de investigación científica, de formación tecnológica y de discusión política.

Es evidente que el rápido crecimiento demográfico para este momento de la historia del ser humano está generando cambios circunstanciales en el medio ambiente. Esto ligado a la utilización de recursos tanto naturales como energéticos, genera una disminución de potencial de recursos tanto naturales como energéticos. Al mismo tiempo está causando diversos fenómenos como el cambio climático, el deterioro de la capa de ozono, la aparición de la lluvia ácida, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, entre otros, los cuales son consecuencia del modelo de desarrollo económico actual [1].

Uno de los recursos indispensables para el ser humano es el agua, el cual es imprescindible para el hombre y el desarrollo de sus actividades. El agua es un elemento fundamental para la existencia de la vida en nuestro planeta. No solo debe de ser prioridad dotar del recurso hídrico a la sociedad, sino también asegurar su saneamiento al momento de ser devuelta al medio ambiente.

La explotación excesiva por los sectores urbano, rural, industrial, agrícola, energético, etc. ha puesto en riesgo la seguridad hídrica del planeta; por lo tanto, es fundamental combatir su desabasto, desperdicio y contaminación de manera efectiva, teniendo especial cuidado en darle un uso racional y sustentable. Administrar de manera correcta un recurso limitado y esencial para nuestra sociedad requiere de un esfuerzo de todos los sectores.

La supervivencia de la humanidad depende de la disposición de agua potable. Los ecosistemas acuáticos están mucho más degradados en comparación con los terrestres o marinos, afectando proporcionalmente a gran cantidad de especies y hábitats. Para hacernos una idea, cada año muere más población por causas relacionadas con el uso de aguas no apropiadas [2].

El agua en la tierra está siempre en movimiento y constantemente cambiando de esta o través del ciclo del agua [3].

Los impactos que causan los humanos sobre el ciclo hidrológico son varios. Los cambios sobre la superficie terrestre, las modificaciones topográficas y la compresión de las capas del suelo, incluyendo la construcción de ciudades y el cultivo de distintas especies de plantas, tienen importantes repercusiones sobre el ciclo del agua. El uso de los recursos acuáticos para riego y los usos municipales e industriales del agua modifican el ciclo del agua, tanto cuantitativamente como cualitativamente [2].

La figura 1 muestra el impacto que tienen sobre el ciclo del agua el aumento de población y las actividades económicas en las sociedades de consumo, apareciendo lo que se denomina “estrés hídrico” [2].

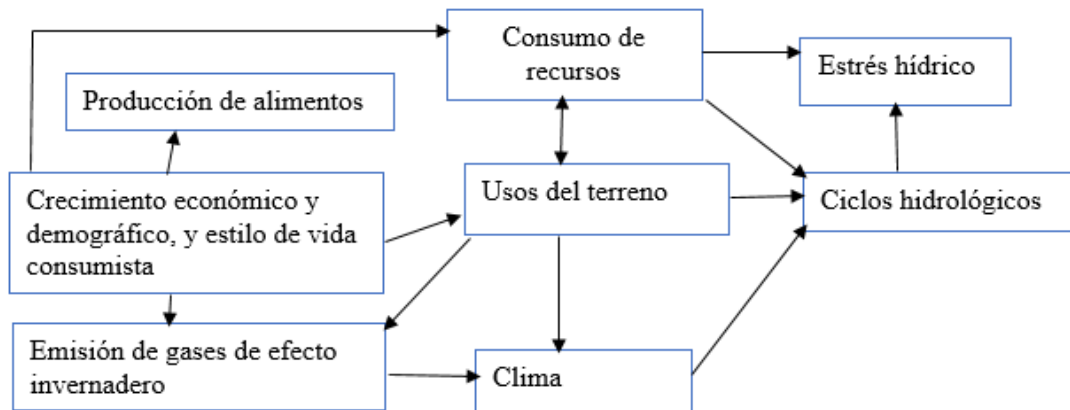


Figura 1 Diagrama de los caminos principales a través de los cuales el crecimiento demográfico y económico afectan al ciclo del agua.

La calidad de las aguas se ve afectada por la contaminación ocasionada por microorganismos, trazas de metales, compuestos químicos tóxicos, especies no endémicas, cambios de acidez, temperatura o salinidad [4].

En los últimos años se ha podido observar un aumento en la preocupación por la contaminación de las aguas en el mundo. Su control ha llegado a ser prioritario en los países desarrollados y muchos de los que están en vías de desarrollo [3]. Los elementos clave para la prevención, el control y la reducción de la descarga de sustancias contaminantes residen en el control de la contaminación desde la fuente y en la legislación sobre emisiones de aguas residuales por parte de las autoridades competentes [2,5].

1.2. La contaminación del agua

Las aguas residuales urbanas abarcan comúnmente aguas domésticas, industriales y de escorrentías.

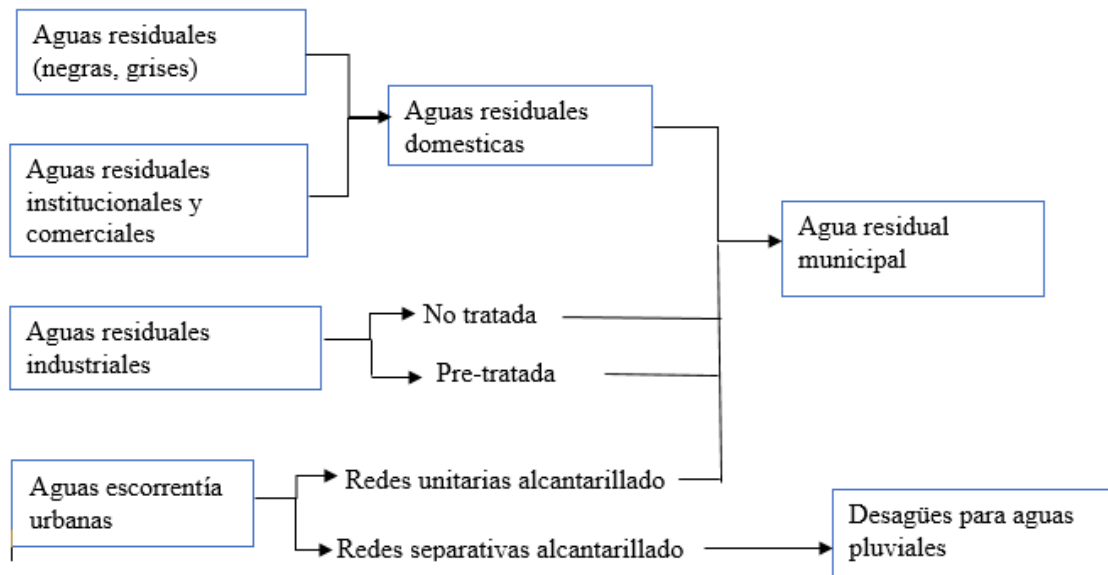


Figura 2 Origen y flujos de las aguas residuales en entornos urbanos.

La contaminación del agua se entiende como la adición de cualquier forma de materia y energía que modifique y altere las propiedades físicas, químicas y biológicas de la misma, de tal manera que produzca daños a ecosistemas que dependen directa o indirectamente de ella. Los contaminantes más comunes del agua son los nutrientes (nitratos y fosfatos), sedimentos, bacterias, virus y protozoarios, sustancias químicas orgánicas tóxicas, metales pesados y plaguicidas [6].

El proceso de tratamiento del agua residual se puede dividir en cuatro etapas: pretratamiento, primaria, secundaria y terciaria. Algunos autores llaman a las etapas preliminar y primaria unidas como etapa primaria.

Pretratamiento

Casi siempre existe un pretratamiento, en el cual es necesario filtrar el agua para retirar de ella sólidos y grasas. Las estructuras encargadas de esta función son los tamices que están contruidos con mallas dispuestas en una inclinación particular que deja atravesar el agua y obliga a deslizarse a la materia sólida retenida hasta caer fuera de la malla por sí sola. La gran ventaja de este sistema es que es barato, no tiene partes móviles y el mantenimiento es mínimo, pero necesita un desnivel importante entre el punto de alimentación del agua y el de salida.

Se utilizan rejillas para separar objetos de tamaño más importante que el de simples partículas que son arrastrados por la corriente de agua. Se utilizan solamente en desbastes previos. El objetivo es proteger los equipos mecánicos e instalaciones posteriores que podrían ser dañados u obstruidos con perjuicio de los procesos que tuviesen lugar. Se construyen con barras metálicas de 6 o más mm de espesor,

dispuestas paralelamente y espaciadas de 10 a 100 mm. Se limpian mediante rastrillos que pueden ser manejados manualmente o accionados automáticamente.

También se emplean los microfiltros, que trabajan a baja carga, con muy poco desnivel, y están basados en una pantalla giratoria de acero o material plástico a través de la cual circula el agua. Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie interior del microfiltro que dispone de un sistema de lavado continuo para mantener las mallas limpias. Se han utilizado eficazmente para separar algas de aguas superficiales y como tratamiento terciario en la depuración de aguas residuales. Según la aplicación se selecciona el tamaño de malla indicado. Con mallas de acero pueden tener luces del orden de 30 micras y con mallas de poliéster se consiguen buenos rendimientos con tamaños de hasta 6 micras [7,8].

Tratamiento primario

Un proceso de tratamiento de agua contaminada comienza con los métodos primarios o físicos, cuyo objetivo es la reducción del contenido de sólidos en suspensión. A este grupo pertenecen la sedimentación, flotación, coagulación-floculación y filtración.

- ✓ Sedimentación: Es un proceso físico de separación por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Está en función de la densidad del líquido, del tamaño, del peso específico y de la morfología de las partículas. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación.

El objetivo fundamental de la decantación primaria es doble: por un lado, permite eliminar los sólidos en suspensión (en un 60%, aproximadamente) presentes en las aguas residuales y la materia orgánica (en un 30%, aproximadamente) y, por otro lado, protegen los procesos posteriores de oxidación biológica de la intrusión de fangos inertes de densidad elevada.

- ✓ Flotación: Proceso físico fundamentado en la diferencia de densidades. La flotación permite separar la materia sólida o líquida de menor densidad que la del fluido, por ascenso de ésta hasta la superficie del fluido, ya que, en este caso, las fuerzas que tiran hacia arriba (rozamiento y empuje del líquido) superan a la fuerza de la gravedad. Se generan pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, donde son arrastradas y sacadas del sistema.
- ✓ Coagulación-floculación: En muchos casos parte de la materia en suspensión está formada por partículas de muy pequeño tamaño, lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría realizable un tratamiento mecánico clásico.

Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

- ✓ Filtración: es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable [7,8].

Tratamiento secundario

La segunda fase del tratamiento de agua corresponde a los métodos secundarios o biológicos, donde el agua es sometida a la acción de microorganismos, los cuales se alimentan de las sustancias orgánicas disueltas en el agua. Por su naturaleza, los métodos biológicos pueden ser aerobios (presencia de oxígeno) o anaerobios (ausencia de oxígeno). El tratamiento secundario de depuración constituye una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de las aguas residuales que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes nitrógeno (N) y fósforo (P).

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y, por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) [7].

Tratamiento terciario

En algunos casos, después del tratamiento biológico, el agua se trata con métodos terciarios o avanzados, los cuales son procesos fisicoquímicos cuyo objetivo es eliminar aquellos contaminantes sumamente difíciles de degradar por los métodos convencionales, también llamados contaminantes recalcitrantes y/o refractarios. A este tercer grupo de métodos pertenece la destilación, congelación, intercambio iónico, procesos de membrana, electrodiálisis, y los Procesos de Oxidación Avanzada (POA).

La mayoría de las plantas convencionales tratadoras de agua operan con métodos primarios y secundarios por su bajo costo; sin embargo, la existencia de contaminantes recalcitrantes muestra su ineficacia para eliminarlos. Por ello que es necesario

desarrollar nuevas técnicas de tratamiento de agua que complementen las técnicas convencionales citadas.

Una alternativa ambientalmente amigable para la eliminación de contaminantes recalcitrantes lo constituyen los Procesos de Oxidación Avanzada (POA) [7]. Los POA son procesos que involucran la generación de especies de alto poder oxidante, principalmente el radical hidroxilo ($\cdot\text{OH}$), con los cuales en algunas ocasiones es posible mineralizar hasta el 100 % de varios compuestos orgánicos tóxicos donde los subproductos generados pueden ser CO_2 , iones inorgánicos y agua (H_2O). Una clasificación de los POA es como: procesos homogéneos y heterogéneos.

Al primer grupo pertenecen: la ozonización con peróxido de hidrógeno ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$), ozonización y radiación ultravioleta (O_3/UV), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y radiación ultravioleta ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$), ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$) y Foto-Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$); mientras que dentro del grupo de los procesos heterogéneos se encuentran: ozonización fotocatalítica ($\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{UV}$), y fotocátalisis heterogénea ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2/\text{UV}$) [8].

1.3. El espectro solar y la radiación UV

La radiación solar ultravioleta resulta especialmente interesante ya que del conocimiento de su naturaleza y características se pueden extraer importantes conclusiones de utilidad que afectan a la tecnología del proceso de fotocátalisis. Además de su utilización como recurso energético, la radiación UV es objeto de estudio dado su carácter de potencial peligrosidad debido a la disminución de la capa de ozono en los últimos años.

La radiación UV puede dividirse en diferentes intervalos espectrales según el criterio utilizado. Desde un punto de vista astrofísico, la radiación solar UV puede ser:

- ✓ Cercana (380 a 300 nm)
- ✓ Media (300 a 200 nm)
- ✓ Lejana (200 a 100 nm)
- ✓ Extrema (100 a 40 nm).

Desde un punto de vista fotobiológico, la radiación UV se divide:

- Tipo A (rango de 400 a 315 nm)
- Tipo B (rango de 315 a 290 nm)
- Tipo C (radiación de longitud de onda menor de 290 nm).

Debido a la absorción que efectúa la capa de ozono conjuntamente con otros elementos como el O, N, O_2 y N_2 , cuando la radiación solar alcanza la estratosfera, esta absorbe toda la radiación por debajo de 200 nm. Seguidamente, la atmósfera absorbe fuertemente radiación entre 200 y 300 nm y mucho más débilmente entre 300 y 335 nm. Por ello, la radiación UV existente sobre la superficie terrestre es mayoritariamente del tipo A con una componente muy pequeña del tipo B y nada del C.

Del total de la energía asociada a la radiación solar, considerando el espectro estándar normalizado a 1.000 W/m², el 7,82% de dicha radiación es debido a radiación UV (longitud de onda ≤ 400 nm); el 47,33% corresponde a la luz visible, y el 44,85% restante es debido a la radiación infrarroja (longitud de onda ≥ 700 nm) [9]. En la figura se muestra dicho espectro estándar de la radiación solar directa sobre la superficie terrestre (a nivel del mar y en un día claro), conjuntamente con el espectro de la radiación solar existente fuera de la atmósfera terrestre, cuya forma viene a constituir una envolvente del anterior. La absorción que tiene lugar a determinadas longitudes de onda modifica dicho espectro extraterrestre [10].

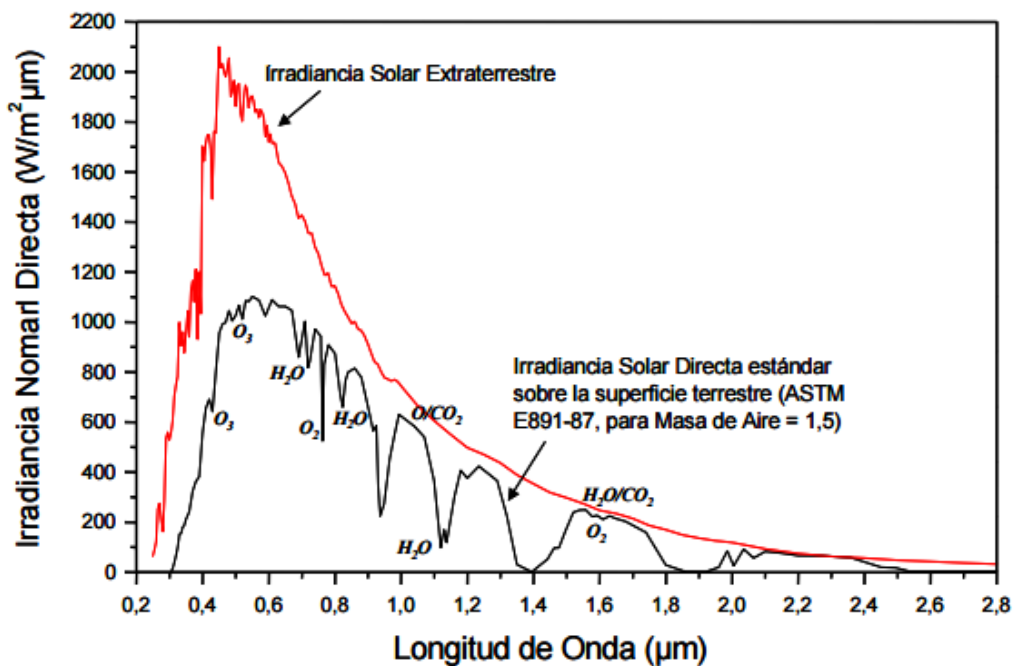


Figura 3 Espectros terrestre [ASTM, 1987] y extraterrestre [Thekaekara, 1973] de la irradiancia solar directa. Las absorciones de la radiación por parte de diversas sustancias de la atmósfera reducen la radiación sobre la superficie terrestre a determinadas longitudes de onda. [14]

La radiación solar UV, según puede apreciarse en la fig.3, constituye una pequeña parte del espectro solar, representando un porcentaje que oscila entre el 3,5% y el 8% del total. Este porcentaje puede ser diferente para una misma localización en presencia o ausencia de nubes [11]. La radiación UV aumenta, en promedio, un 6% por cada km de altura sobre la superficie terrestre a la que únicamente llega la UV-A y una muy pequeña fracción de UV-B (para una latitud similar a la de Almería, la fracción de UV-B es del orden del 3,5% de la UV-A). Entre ambas componentes existen fuertes oscilaciones estacionales ya que la UV-B depende aún más de la Masa de Aire que la UV-A (el porcentaje indicado anteriormente es del 1,7% en enero y del 4,8% en julio). Otra diferencia entre ambas componentes es la componente difusa; en condiciones de cielo despejado la fracción difusa de la UV-A es del orden del 50%, mientras que de la UV-B alcanza el valor del 80%. El principal factor que afecta a la radiación UV durante su paso a través de la atmósfera es la presencia de ozono en la misma. La sensibilidad de la transmisividad del O₃ se mide mediante el Factor de Amplificación ($\partial UV/\partial O_3$) que se estima mediante, en valor medio, entre 1,1 y 1,5. El espesor medio de la capa de ozono

es de unos 30 km, pero a presión y temperatura de superficie la columna de ozono es de 3 mm [12,13].

1.4. Tratamientos solares para las aguas residuales

Proteger y conservar los recursos naturales hoy en día constituye una de las principales preocupaciones sociales. Entre estos recursos, el que destaca principalmente es el agua, ya que es un bienpreciado y escaso, lo que conduce a un adecuado uso y reciclaje. Las normas legales imponen criterios cada vez más estrictos para la obtención de una mayor y mejor depuración de las aguas [11].

El tratamiento de los residuos líquidos puede ser un problema muy complejo ya que hay una gran variedad de químicos y a diferentes concentraciones, pero gracias a las investigaciones realizadas acerca de los efectos de ciertos contaminantes, se han desarrollado nuevas tecnologías entre las cuales destaca el tratamiento de oxidación fotocatalítico, el cual presenta una ventaja sobre las técnicas comúnmente utilizadas como el tratamiento primario y secundario.

Estos tratamientos, en especial los secundarios, permiten disminuir la alta carga orgánica bajando la DQO y la DBO de los efluentes, pero son ineficaces en la eliminación del color y toxicidad debido a la presencia de estructuras polifenólicas. Por otra parte, cabe mencionar que estos tratamientos son muy sensibles a los parámetros de operación tales como pH, temperatura y presencia de tóxicos que pueden inhibir la actividad microbiológica.

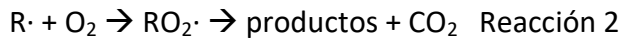
La oxidación fotocatalítica consiste en la destrucción de los contaminantes mediante el empleo de radiación solar ultravioleta y catalizadores con el objeto de formar radicales hidroxilos, los cuales posteriormente tendrán un efecto oxidante sobre los contaminantes químicos.

En este proceso la oxidación tiene lugar directamente en la superficie de la partícula que se utiliza como catalizador o semiconductor (TiO_2 , entre otros), siendo la radiación solar la única fuente de energía. La fotocatalisis heterogénea mediada por TiO_2 y la fotooxidación mediada por compuestos férricos son dos alternativas interesantes para el tratamiento de aguas [11].

Los procesos de oxidación avanzada (POA) constituyen en el futuro una de las tecnologías más empleadas en el tratamiento de las aguas contaminadas con productos orgánicos recalcitrantes provenientes de industrias (químicas, agroquímicas, textiles, de pinturas, etc.). Entre estos procesos los de mayor perspectiva son los de la fotooxidación en sus dos variantes: fotólisis y fotocatalisis.

Los POA pueden definirse como procesos que implican la formación de radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) altamente reactivos ya que presentan un elevado potencial de oxidación ($E^\circ = 2.8 \text{ V}$), característica que lo hace de gran efectividad para el proceso de oxidación de compuestos orgánicos principalmente por abstracción de hidrógeno; es decir, se generan radicales orgánicos libres (reacción 1), los cuales pueden reaccionar con oxígeno molecular para formar peroxiradicales (reacción 2). Incluso pueden iniciarse

reacciones de oxidación en serie que pueden conducir a la mineralización completa de los compuestos orgánicos [10].



Las ventajas de los POA son las siguientes:

- Capacidad potencial para llevar a cabo una profunda mineralización de los contaminantes orgánicos y oxidación de los compuestos inorgánicos hasta dióxido de carbono e iones (cloruros, nitratos).
- Reactividad con la mayoría de compuestos orgánicos, hecho principalmente interesante si se quiere evitar la presencia de subproductos potencialmente tóxicos presentes en los contaminantes originales que pueden crearse mediante otros métodos.
- Descomposición de los reactivos utilizados como oxidantes en productos inocuos [10].

1.5. Fotocatálisis solar

Una de las ventajas de la fotocatálisis solar es la posibilidad de aprovechar la radiación solar. A diferencia de la luz artificial, la intensidad de la radiación solar no es constante ya que se ve afectada por factores meteorológicos, es decir, varía diariamente y estacionalmente, y depende de la localización geográfica. Por otro lado, la interacción entre la radiación solar y los distintos componentes atmosféricos (O_3 , O_2 , CO_2 , H_2O , aerosoles...) provoca que la radiación que llega a la superficie de la tierra quede restringida a longitudes de onda comprendidas entre 0.3 y 3.0 μm [11].

De toda la radiación incidente, la distribución de la energía corresponde en un 7.8 % a la región ultravioleta, un 47.3 % a la visible y un 44.9 % a la del infrarrojo cercano [12]. Si se tiene en cuenta que, en el caso de TiO_2 , la absorción se produce cuando la radiación empleada corresponde a energías mayores que las de su band-gap (3.0-3.2 eV), es decir a $\lambda \sim 387\text{-}410 \text{ nm}$, la energía del espectro solar aprovechable (región UV) en fotocatálisis es reducida.

Por otro lado, en la radiación solar global que llega a la superficie de la tierra se pueden distinguir tres componentes: radiación directa, difusa y reflejada.

La radiación solar directa es la que no sufre interacciones al atravesar la masa atmosférica, la radiación difusa llega a la superficie con una dirección distinta a la de la directa debido a los procesos de absorción y dispersión de luz que tienen lugar a su paso por la atmósfera, y finalmente la radiación reflejada, o albedo, es la radiación que llega a una superficie determinada tras su reflexión previa en el suelo. Las dos componentes que mayor importancia tienen para su uso en fotocatálisis son la radiación directa y

difusa. En este sentido, la intensidad de la radiación UV está sometida a variaciones provocadas por las condiciones climatológicas cambiantes, siendo el factor más atenuante en la región UV la presencia de nubes [11,12]. Todos estos factores hacen preciso el seguimiento del flujo de la radiación solar de manera continua a la hora de presentar los resultados de actividad fotocatalítica. Para ello, el registro de la radiación recibida en el rango de interés mediante un radiómetro UV, permite transformar los datos en forma de energía acumulada.

Hay básicamente dos tipos de procesos: fotocátalisis heterogénea y fotocátalisis homogénea. El concepto de fotocátalisis heterogénea es simple: el uso de un sólido semiconductor (ej.: TiO_2 , ZnO , etc.) que forma una suspensión estable bajo irradiación para estimular una reacción en la interfase sólido/líquido o sólido/gas. En el caso de la fotocátalisis homogénea el catalizador está disuelto en el agua que contiene los contaminantes a tratar, también disueltos, por lo que todos los elementos que intervienen en el proceso se encuentran en la misma fase. Por definición, en ambos casos, el catalizador debe de poder ser reutilizado después de actuar en el sistema de oxidación-reducción sin sufrir cambios significativos [13].

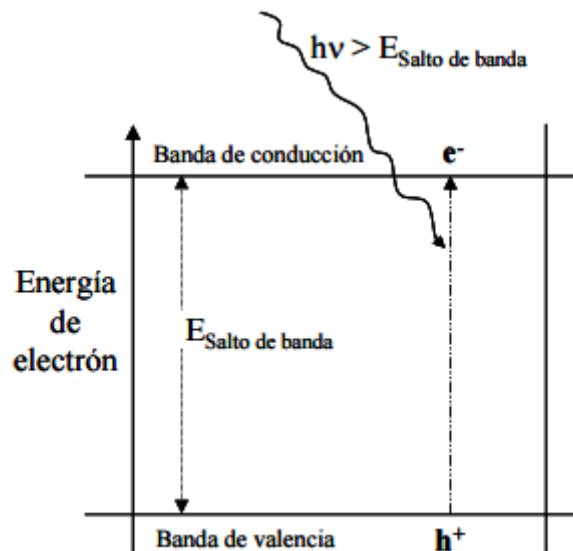


Figura 4 Diagrama energético de un semiconductor durante el proceso de fotoexcitación [11]

1.5.1. Fotocátalisis heterogénea

El proceso fotocatalítico heterogéneo está basado en la excitación de un sólido catalítico, normalmente un semiconductor de banda ancha como el TiO_2 , mediante la absorción de luz de distintas longitudes de onda.

En este tipo de tratamientos, el contaminante y el fotocatalizador se encuentran en fases distintas, normalmente el fotocatalizador (semiconductor) se encuentra en estado sólido formando una suspensión (ej: TiO_2 , ZnO), y el contaminante está disuelto en la fase acuosa.

En la figura 4, se representa el diagrama de la energía de la banda de valencia (BV) y conducción (BC) durante el proceso de excitación de un semiconductor bajo

irradiación. Se puede observar que el mecanismo global del proceso fotocatalítico heterogéneo que tiene lugar en una partícula de TiO₂ suspendida en una fase acuosa con un contaminante orgánico, C, empleando oxígeno como agente oxidante.

El proceso fotocatalítico tiene lugar a partir de la irradiación del TiO₂ con luz de una energía suficiente como para igualar o superar el band-gap del semiconductor, produciendo la excitación de un electrón de la banda de valencia (BV) a la banda de conducción (BC).

De este modo se crean pares electrón-hueco (e^-/h^+) (ec. 1), es decir, se forman especies oxidantes a partir de la generación inicial de pares electrón/ hueco. La radiación solar recibida por el fotocatalizador, con energía superior al ancho de banda de éste, produce la promoción de electrones a la banda de conducción, y, por lo tanto, genera huecos en la banda de valencia [12].

Los huecos (estados vacíos) que se forman en la banda de valencia del sólido, reaccionan con especies dadoras de electrones, como moléculas de agua o iones hidroxilos unidos a la superficie del catalizador, generando los radicales hidroxilos ($\cdot\text{OH}$), principales responsables de la degradación de la materia orgánica. A su vez, se forman especies reactivas asociadas a la banda de conducción (ec. 2-9). Por otra parte, los huecos generados, pueden reaccionar en disolución acuosa promoviendo la formación de otro tipo de oxidantes con potenciales de oxidación inferiores al radical hidroxilo (ec. 3, 6, 9 y 11). Seguidamente, se produce la reacción con el contaminante presente en el agua residual.

Los electrones que llegan a la banda de conducción pueden reaccionar con una especie aceptora como el O₂, dando lugar a radicales O₂⁻, que participan adicionalmente en la oxidación de la materia orgánica [12].

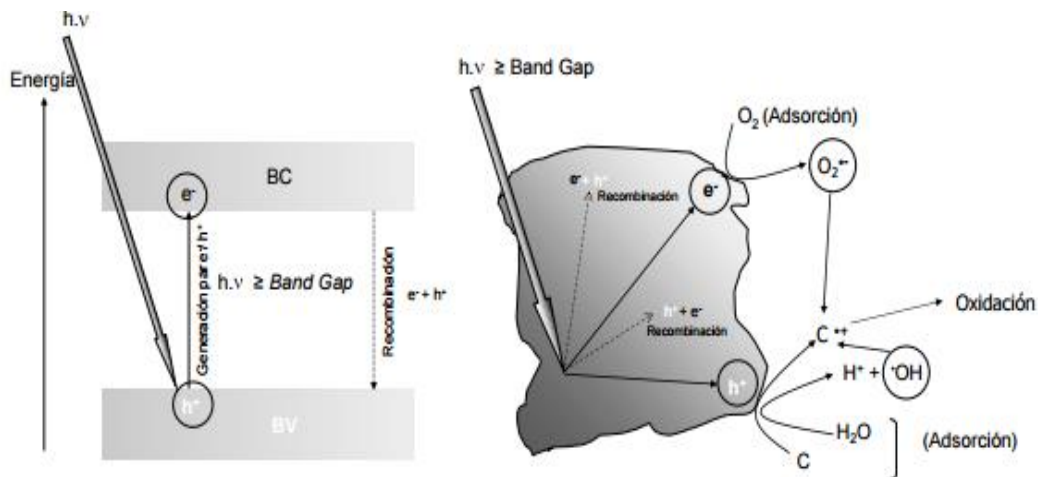
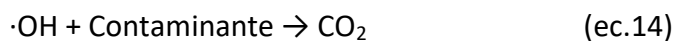
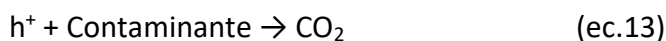
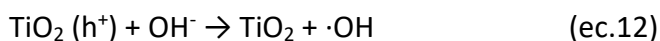
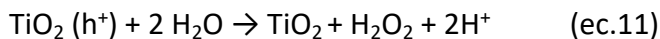
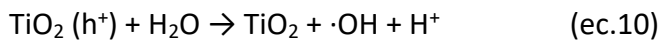
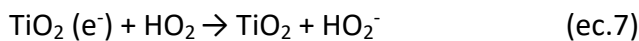
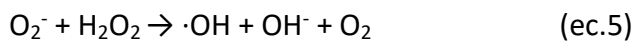
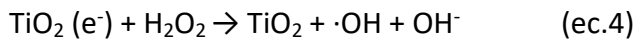
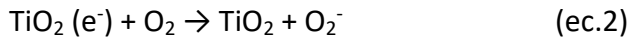
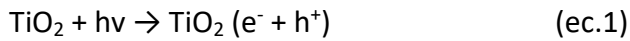


Figura 5 Diagrama de la energía de la banda de valencia (BV) y conducción (BC) durante el proceso de excitación de un semiconductor bajo irradiación

Por tanto, la eficiencia final de la reacción fotocatalítica depende de diversos factores que determinan en definitiva el grado de oxidación total de la materia orgánica. La probabilidad de la recombinación del par electrón-hueco en el seno o en la superficie del semiconductor resulta un proceso crítico debido a que no hay una separación física

entre los sitios de las reacciones anódicas (oxidación por huecos) y catódica (reducción por electrones).



Otros parámetros importantes relacionados con el grado total de mineralización, que en definitiva determinan la selección de las mejores condiciones de operación son; la masa de catalizador, la concentración inicial de contaminante, el pH del medio, la longitud de onda de la radiación, el flujo de radiación y el tipo de agente oxidante y su concentración [11,13].

La presencia de oxígeno disuelto en la muestra conduce a la formación del radical superóxido (ec. 2), con lo que se evita la pérdida de eficiencia en el proceso fotocatalítico, ya que disminuye la probabilidad de los procesos de recombinación de los pares electrón/hueco. La actividad fotocatalítica del TiO₂ depende de varias

características entre las que se incluyen las propiedades superficiales y estructurales (composición, área superficial, porosidad y tamaño de partícula).

La fotocatalisis heterogénea en fase líquida presenta actualmente un amplio campo de aplicaciones en las que esta tecnología puede llegar a ser competitiva, dado que permite descontaminar una gran variedad de compuestos tóxicos, refractarios o no biodegradables en condiciones atmosféricas [14,15].

Por otro lado, la posibilidad de utilizar la radiación solar como fuente primaria de energía, añade un alto valor de sostenibilidad al proceso [15].

1.5.2. Fotocatalisis homogénea (foto-Fenton)

Es un método muy empleado para la eliminación de contaminantes persistentes en las aguas residuales. Se basa en la utilización de la luz solar como fuente de radiación que mejora su aplicabilidad a escala industrial.

A diferencia del proceso heterogéneo, el método foto-Fenton no es impulsado por sensibilizadores orgánicos y/o óxidos semiconductores (TiO_2), sino que el proceso homogéneo Fenton y foto-Fenton se basa en utilizar el hierro como foto sensibilizador.

Este proceso trata de combinar el peróxido de hidrogeno y el Fe^{+2} para la formación de radicales hidroxilo que son altamente reactivos en los métodos de degradación y mineralización de estos contaminantes mencionados anteriormente. El hierro es un material catalítico por lo tanto se encarga de la descomposición del peróxido en especies altamente reactivas. El peróxido de hidrógeno actúa como oxidante que se consume en la propia reacción anterior [15].

Este mecanismo debe ocurrir en medio ácido, a un pH óptimo de 2,8 para que sea eficiente e impedir la precipitación de sales de hierro disueltas.

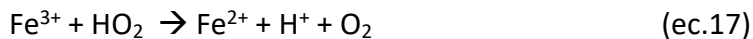
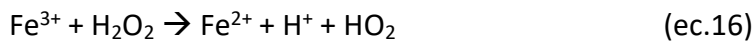
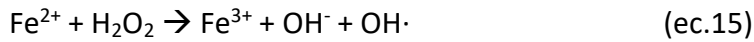
¿Por qué se utiliza hierro? El hierro es un metal pesado y no es tóxico. En presencia de radiación ultravioleta el proceso foto-Fenton se activa produciendo más radicales hidroxilo y la regeneración fotocatalítica de Fe^{+2} . Esta luz ayuda a que el proceso sea más eficiente a la hora de degradar los contaminantes orgánicos [16].

En la reacción se produce una reducción del hierro férrico a ferroso, catalizado por la luz. Este ligando puede ser cualquier base de Lewis capaz de formar un complejo con el Fe férrico. El producto puede ser un radical hidroxilo u otro radical derivado del ligando dependiendo del ligando que va a reaccionar.

Reacciones Fenton (Oscuridad)

El mecanismo foto-Fenton se inicia a partir de las especies férricas generadas en el proceso Fenton que se emplea en la oscuridad (ec.15).

Se producen las siguientes reacciones Fenton a pH inferior a 3 [16]:



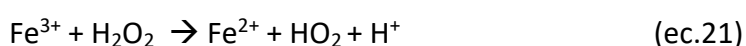
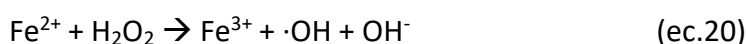
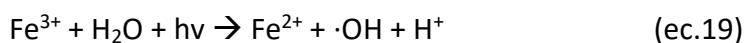
Las especies oxidantes generadas en el proceso Fenton (radical hidroxilo mayoritariamente), son capaces de reaccionar con compuestos orgánicos de distinta naturaleza, el porcentaje de degradación dependerá fundamentalmente del pH, temperatura y concentración de reactivos (Fe^{2+} , H_2O_2).

Por una parte, el rango de pH óptimo en la degradación de compuestos orgánicos mediante el proceso Fenton ha quedado establecido en un rango de 3.5 a 5 según se ha publicado en anteriores trabajos [16].

La concentración de Fe^{2+} y H_2O_2 también influye en la velocidad de degradación, ya que algunos estudios afirman que, al incrementar la concentración de reactivo, la velocidad del proceso se ve aumentada. Además, el proceso Fenton es térmico, como ya se ha demostrado en algunos estudios de degradación variando la temperatura, y determinando de esta forma las condiciones térmicas óptimas [16, 17].

Reacciones foto-Fenton (con luz)

En la primera etapa del proceso foto-Fenton, se produce la generación de radicales hidroxilo en medio acuoso debido a la acción de la radiación (ec. 19). Seguidamente, las especies ferrosas vuelven a reaccionar con el peróxido de hidrógeno, generando nuevos radicales (ec.20). También, se pueden dar otro tipo de reacciones secundarias, donde se generan especies que presentan un potencial de oxidación menor al radical hidroxilo (ec. 21-23) [11]:



1.6. Importancia de la radiación solar en el tratamiento

La descontaminación fotocatalítica solar es en la actualidad una de las más exitosas aplicaciones de la fotoquímica solar [18].

Un gran número de experiencias usando diferentes foto-reactores solares han sido llevadas a cabo en las instalaciones de la Plataforma Solar de Almería [19,20]. Esto no sólo es debido a que la fotocatalisis solar es una excepcional demostración de la aplicación de la energía solar a la conservación medioambiental, sino también al hecho de que, al contrario de la mayoría de los procesos fotoquímicos, su versatilidad permite que el tratamiento de mezclas complejas de contaminantes.

Se define la fotocatalisis solar como la aceleración de una foto reacción química (reacción inducida por la presencia de luz solar) mediante la presencia de un catalizador [21]. Tanto la luz como el catalizador son elementos necesarios. El término fotocatalisis incluye un proceso según el cual se produce una alteración fotoquímica de alguna especie química como resultado de la absorción de radiación por otra especie fotosensible, que en este caso se trata del catalizador.

Los procesos fotocatalíticos pueden ser aplicados a contaminantes peligrosos no biodegradables, con difícil tratamiento convencional, en el rango de varios cientos de mg L⁻¹ de concentración máxima. Los procesos pueden ser también válidos para mezclas complejas de contaminantes orgánicos. Algunos ejemplos son los contaminantes persistentes como los residuos agroquímicos (plaguicidas), fenoles, hidrocarburos halogenados, compuestos biocidas procedentes de la industria farmacéutica, residuos de preservar la madera, cianuros, etc, están entre las aplicaciones de aguas residuales industriales [22]. Otras aplicaciones interesantes son el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas, limpieza de vertederos contaminados y la desinfección de agua [21].

1.7. Evolución y tipos de reactores

Existen varios factores importantes a la hora de diseñar un reactor fotocatalítico dado que la necesidad de utilizar un catalizador, que unas veces es sólido y otras se encuentra disuelto o suspendido que complica toda la ingeniería del proceso. En este tipo de reactores es evidente que, además de tener que conseguir un buen contacto entre los reactivos y el catalizador (elevada área superficial de catalizador por unidad de volumen del reactor), es igualmente necesario lograr una exposición eficiente del catalizador a la luz útil para el proceso (distribución óptima de luz dentro del reactor). Además, hay que considerar otros parámetros más convencionales como la distribución de flujo, mezclado e interacción entre reactivos y catalizador, transferencia de masa, etc., que también juegan un papel relevante. Por ello, es evidente que la aplicación práctica de todo proceso fotocatalítico va a requerir el diseño de un foto-reactor que sea eficiente [23].

1.6.1 Reactores solares de media concentración

Estos dispositivos de concentración solar fueron los que se usaron en primer lugar para la implementación de procesos fotoquímicos utilizando la luz solar. Dentro de este grupo, se encuentran los captadores cilindro-parabólicos y los captadores holográficos [24].

1.4.1.1 Captadores Cilindro-Parabólicos

El captador cilindro-parabólico está formado por una estructura que soporta una superficie altamente reflectante y concentradora de la luz UV con forma de parábola. Tiene uno o dos motores controlados por un sistema de seguimiento solar en uno o dos ejes respectivamente, que se encarga de que el plano de apertura del captador sea siempre perpendicular a los rayos solares. Por esto, toda la radiación solar disponible sobre dicho plano de apertura va a ser reflejada y concentrada sobre el tubo absorbedor que se localiza en el foco geométrico de la parábola, es decir en la curva que refleja sobre su foco todo rayo de luz paralelo a su eje geométrico.

Se diferencian dos tipos de captadores cilindro-parabólicos: los CCP de seguimiento solar en dos ejes y los CCP de seguimiento solar de un eje.

Los CCPs de seguimiento en dos ejes consisten en una torreta en la que hay una plataforma que sostiene normalmente varios captadores cilindro-parabólicos. La plataforma tiene dos motores controlados por un sistema de seguimiento en dos ejes (azimut y elevación), de forma que el área de apertura se encuentra siempre perpendicular a la radiación solar directa. El factor de concentración de estos dispositivos suele estar entre 5 y 20 [24].

Los CCPs con seguimiento solar en un eje tienen solamente un grado de libertad, por lo que el tubo reactor (línea focal de la parábola) está situado en el mismo plano que contiene tanto el vector normal al plano de apertura del captador como al vector solar. El ángulo formado por estos dos vectores se llama ángulo incidente de la radiación solar. Los componentes básicos de un captador cilindro-parabólico son la superficie reflectora concentradora, el tubo absorbedor (foto-reactor en el caso de aplicaciones fotoquímicas), el sistema de seguimiento solar y la estructura soporte. Las eficiencias ópticas globales típicas en un CCP están en el rango del 50 al 75 por ciento [22].



Figura 6 Esquema de CCP con seguimiento en un eje (izquierda) y foto de un CCP con seguimiento en dos ejes (derecha)

Los captadores cilindro-parabólicos utilizan eficazmente la luz solar directa y, como ventaja adicional, la energía térmica captada procedente de la radiación concentrada puede ser utilizada en paralelo para aplicaciones térmicas. El tamaño y longitud del captador es pequeño, lo que puede traducirse en un reactor capaz de soportar mayores presiones y una elevada cantidad de energía por unidad de volumen [24].

1.4.1.2 Captadores holográficos

Los concentradores holográficos constituyen un concepto innovador que ha sido ampliamente explorado con respecto a sus posibles aplicaciones como concentradores para captadores fotovoltaicos y sistemas solares térmicos. La holografía es básicamente una tecnología que se basa en la grabación, sobre un material con propiedades difractivas, del efecto de interferencia entre un haz de referencia de luz monocromática de elevada coherencia y un haz objeto utilizando la misma fuente de luz [25].

En el caso de concentradores holográficos, el haz objeto es el que está situado en la región focal (punto focal o línea focal del concentrador) y el haz de referencia es la imagen virtual del sol como fuente. Una vez creado el elemento óptico holográfico, la luz solar incidente sobre este elemento reproducirá la región focal que sirvió para crear el holograma, ya sea por transmisión o reflexión, dependiendo si el haz de referencia utilizado para la creación del holograma incide sobre el material difractivo desde la misma dirección o en la dirección opuesta a la del haz objeto.

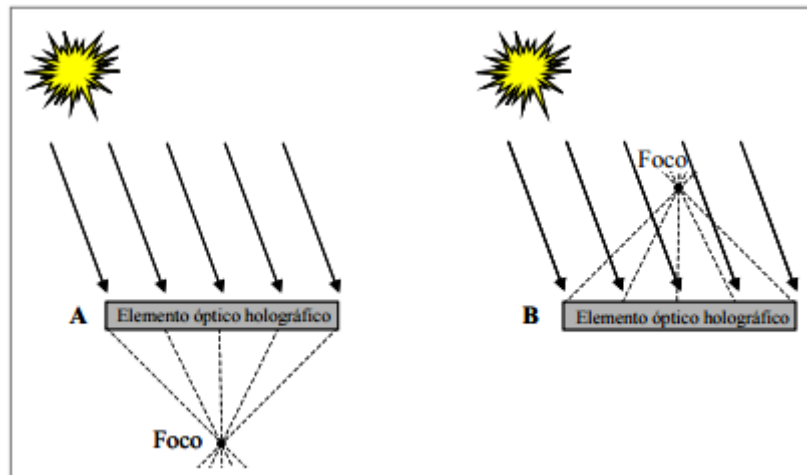


Figura 7 Concentración holográfica de la luz solar. dos posibilidades, si tiene lugar en la misma dirección que la fuente de luz (A) o en la opuesta (B).

Las tecnologías holográficas pueden resultar apropiadas para los procesos en los que se utiliza un estrecho intervalo de longitudes de onda, como es el caso de las aplicaciones fotocatalíticas. Este tipo de dispositivos concentradores requiere un sistema de seguimiento solar ya que, al ser el holograma es un elemento óptico pasivo, no es posible mantener el foco sin mantener una orientación específica frente al sol.

Los esfuerzos e investigaciones realizadas utilizando el Sol como fuente de luz han dado como resultado un ancho de banda máximo utilizable en torno a los 100 nm. Este ancho de banda resulta claramente insuficiente para aplicaciones térmicas, pero posibilita una buena aplicación de estos concentradores holográficos en procesos fotocatalíticos con TiO_2 , ya que utilizan la luz solar en el rango de longitudes de onda entre 300 y 385 nm. La ventaja que pueden tener estos dispositivos holográficos es que teóricamente pueden evitar las complejidades tecnológicas asociadas con la producción del reflector parabólico convencional de los CCPs.

1.6.2 Reactores solares no concentradores

Los captadores solares no concentradores son sistemas estáticos sin mecanismos de seguimiento solar. Generalmente consisten en dispositivos estáticos orientados hacia el Ecuador con una inclinación específica, dependiendo de la latitud del lugar. Su principal ventaja es su simplicidad y menor coste de fabricación dado que sus componentes son más sencillos, lo que también se traduce en un bajo coste de mantenimiento [24].

1.6.2.1. Reactores planos estáticos

Los captadores solares planos estáticos son, en principio, más económicos que los CCPs ya que no tienen partes móviles o mecanismos de seguimiento. Sin embargo, son dispositivos menos eficientes a la hora de captar la luz solar pero su rendimiento no se ve reducido por factores asociados con la concentración y el seguimiento solar, como ocurre con los CCPs.

Basados en los grandes esfuerzos del diseño de captadores no concentradores pequeños, se ha desarrollado y ensayado un gran número de reactores solares no

concentradores para aplicaciones solares de fotoquímica en general y en especial para procesos fotocatalíticos solares [25,27,28]. Éstos pueden ser clasificados como sigue:

- Reactor de flujo de película, basado en una placa inclinada sobre la que cae lentamente el agua de proceso (figura 3, izquierda). Normalmente, el catalizador se encuentra fijado sobre esta superficie inclinada y el fluido suele estar al aire libre [25, 26].
- Placa cerrada, consiste en dos placas entre las cuales circula el flujo utilizando una pared de separación [29].
- Tubular, consiste en una serie de tubos de tamaño variable conectados en paralelo para hacer circular al flujo más rápido que en la superficie plana (figura 7, derecha).
- Estanque solar, sistema consistente en una especie de piscina con muy poca profundidad donde el agua que se quiere tratar es expuesta a la radiación solar; puede tener algún tipo de agitación o no [31,32].

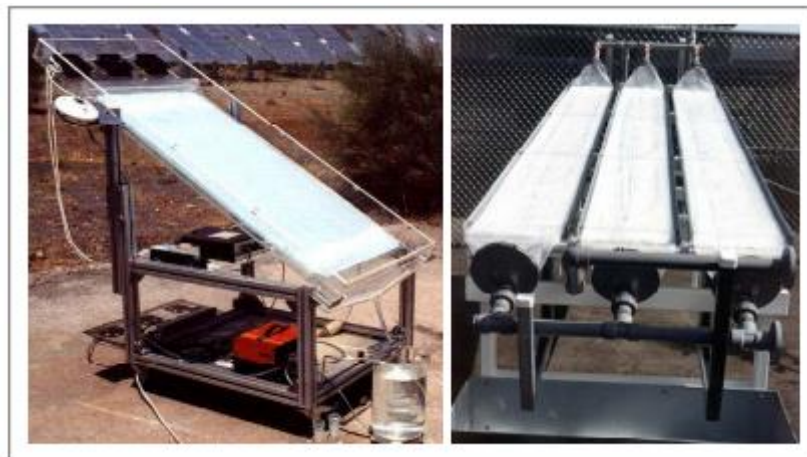


Figura 8 Izquierda: captador solar estático de placa inclinada con catalizador (TiO₂) soportado para aplicaciones fotocatalíticas (Plataforma Solar de Almería). Derecha: prototipo de captador tubular (National Renewable Energy Laboratory, USA).

1.6.2.2. Concentradores Cilindro Parabólico Compuestos

Los captadores Parabólico Compuestos (CPCs), ampliamente utilizados para tubos de vacío, son una combinación interesante entre concentradores parabólicos y sistemas planos estáticos y constituyen una buena opción para aplicaciones de fotocátalisis solar [30]. Los CPCs son captadores estáticos con una superficie reflectante que sigue una involuta alrededor de un reactor cilíndrico (figura 8). Los CPCs surgieron en los años 70 para lograr concentración solar mediante dispositivos estáticos [34], ya que consiguen concentrar sobre el receptor toda aquella radiación que llega dentro del denominado «ángulo de aceptación» del captador.

Estos dispositivos concentradores han demostrado poseer una de las mejores ópticas para sistemas de baja concentración y pueden ser diseñados con un FC=1 (factor de concentración), teniendo así las ventajas tanto de los CCPs como de los sistemas estáticos.

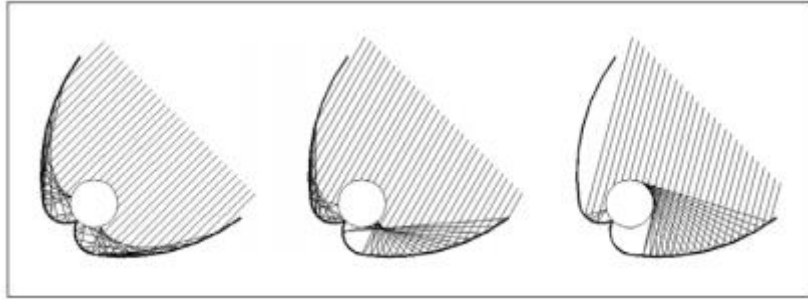


Figura 9 Reflexión CPC

Al igual que en el captador cilindro parabólico, en los captadores tipo CPC el foto-reactor es tubular con lo que el agua puede ser fácilmente impulsada (al contrario que en los dispositivos planos estáticos). Dado que el elemento reflector va a ser normalmente menos costoso que el tubo receptor, el conjunto resulta más económico que la simple disposición de foto-reactores tubulares no concentradores (uno al lado de otro), para captar la misma radiación, pero sin la utilización de reflectores [33, 34].

2. Objetivos

El objetivo principal de este TFG se centra en buscar una alternativa que ayude a reducir los costos energéticos y medioambientales al implementar un sistema que incorpora energías renovables como parte de la alimentación energética de una planta solar destinada al tratamiento de aguas residuales que opera actualmente en la zona superior del exterior del edificio de Ferrándiz del Campus de Alcoy. Este objetivo principal se divide en tres objetivos secundarios que detallo cronológicamente, como son:

- ✓ Caracterizar la planta fotocatalítica cuantificando el consumo energético, para conocer los costes de la operación, para un tipo de tratamiento de un agua que tendrá un toxico modelo, que mantendremos constante durante todo el estudio.
- ✓ Identificar las opciones de los sistemas de abastecimiento energético que hay disponibles en el mercado que utilicen energías limpias, para estudiar su posible alternativa y/o acoplamiento como medida alternativa de ahorro energético.
- ✓ Realizar un análisis comparativo de las opciones comerciales encontradas, tanto a nivel de eficiencia energética, ambiental y económica.

3. Normativa

Para la Unión Europea, el fomento de la eficiencia energética en el ámbito de la edificación pasa por utilizar la calificación de la eficiencia energética de las edificaciones para concienciar a los usuarios de la importancia de utilizar, no solo equipos o instalaciones eficientes, sino que lo sean también los edificios en los que desarrollen sus funciones. Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, se transpusieron en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, quedando pendiente de regulación, mediante otra disposición complementaria, la certificación energética de los edificios existentes. El Real Decreto 235/20131 es el documento en el que finalmente se transpone al derecho nacional español estas exigencias de la Unión Europea para los edificios ya construidos.

Es en 1997, cuando se firma el “Protocolo de Kioto” de medidas contra el cambio climático, donde se debe situar el origen de la actual normativa al respecto de la eficiencia energética en general y de la certificación de edificios existentes en particular. En 2005 el acuerdo entra en vigor. En 2012, los 194 países que en ese momento están reunidos en la Conferencia de Naciones Unidas del Cambio Climático en Doha, firman un acuerdo de mínimos para prorrogar hasta 2020 el periodo del compromiso que se debía haber alcanzado ese año. Rusia, Japón y Canadá, entre otros, se mantienen fuera de ese acuerdo. Por su parte la Unión Europea se ha comprometido a reducir para 2020 el consumo de energía primaria en un 20%, lo cual supone reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 20%, ahorrar el 20% del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética y promover las energías renovables hasta el 20%.

Para conocer la normativa de aplicación en materia de ahorro de energía es necesario realizar un breve recorrido por la normativa de referencia. Hay que retroceder hasta el año 2002 de aprobación de la Directiva 2002/91/CE2, cuya filosofía se basó en los siguientes puntos:

- Reducción en la dependencia de productos emisores de CO₂
- Fomento de la eficiencia energética
- Actuaciones sobre edificios
- Medidas para el fomento de la eficiencia energética de acuerdo con las condiciones climáticas y particularidades locales de los estados miembros.

Su objetivo general era fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Unión Europea, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades de los locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia. Algunos de sus objetivos parciales eran los siguientes:

- El endurecimiento progresivo de la reglamentación sobre calidad térmica en edificios de nueva planta. En el derecho español este objetivo se materializó en la transposición al R.D. 314/20063.
- La promoción de edificios de nueva planta con alta eficiencia energética y su certificación. El procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción se recogió consecuentemente en el R.D. 47/20074.

- La identificación de mejoras de la eficiencia energética en edificios existentes viables técnica y económicamente, recogido en el R.D. 1027/20075.
- Era también uno de sus objetivos la certificación energética de los edificios existentes cuando se tuviesen que vender o alquilar. En el resto de Europa este objetivo se fue regulando, sin embargo, en España quedó pendiente de aplicación por debido a problemas de tipo legal. Esta circunstancia motivó varios avisos por parte de Bruselas. En mayo de 2010, se aprueba la Directiva 2010/31/UE6 como revisión de la anterior.

Se ocupa también de establecer los requisitos mínimos que se deben cumplir en:

- Edificios nuevos o de nuevas unidades de un edificio,
- Edificios y unidades y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes,
- Elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y tengan repercusiones significativas sobre la eficiencia energética de dicha envolvente cuando se modernicen o sustituyan,
- Instalaciones térmicas cuando se sustituyan o mejoren.

Establece también los mínimos exigibles en el diseño de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de unidades del edificio, así como para la certificación energética de los edificios o de unidades del edificio y la inspección periódica de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado de edificios, y los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección [35].

4. Descripción del Proyecto

4.1 Análisis del entorno

En esta fase se van a detallar datos como la ubicación geográfica, la climatología e hidrología y la radiación recibida, mediante la búsqueda y análisis de información referente al entorno donde se realiza este proyecto.

4.1.1 Ubicación geográfica

Para el tema de estudio nos ubicaremos geográficamente en Alcoy entre las coordenadas geográficas 38°42'19" N, 0°28'27" O y a una altitud sobre el nivel del mar: 554 m, España, Comunidad Valenciana, en la provincia de Alicante, comarca de l'Alcoià.

4.1.2 Topografía



Figura 10 Topografía de Alcoy [36]

La topografía del terreno de Alcoy influye muy significativamente en la intensidad del movimiento sísmico y puede mostrar un efecto amplificador. La ciudad de Alcoy se encuentra situada sobre una hondada donde confluyen varios ríos y barrancos. Estos al estar tan encajados, disertan el territorio en unidades de morfologías muy distintas.

La zona del campus de Alcoy se encuentra ubicada a una altitud promedio de 517 m [36].

4.1.3 Climatología e hidrología

El clima de Alcoi se clasifica como cálido y templado. En invierno suele haber mucha más lluvia que en verano.

En Alcoy, la temperatura media anual es de 15.2 ° C. En un año, la precipitación media es 493 mm.

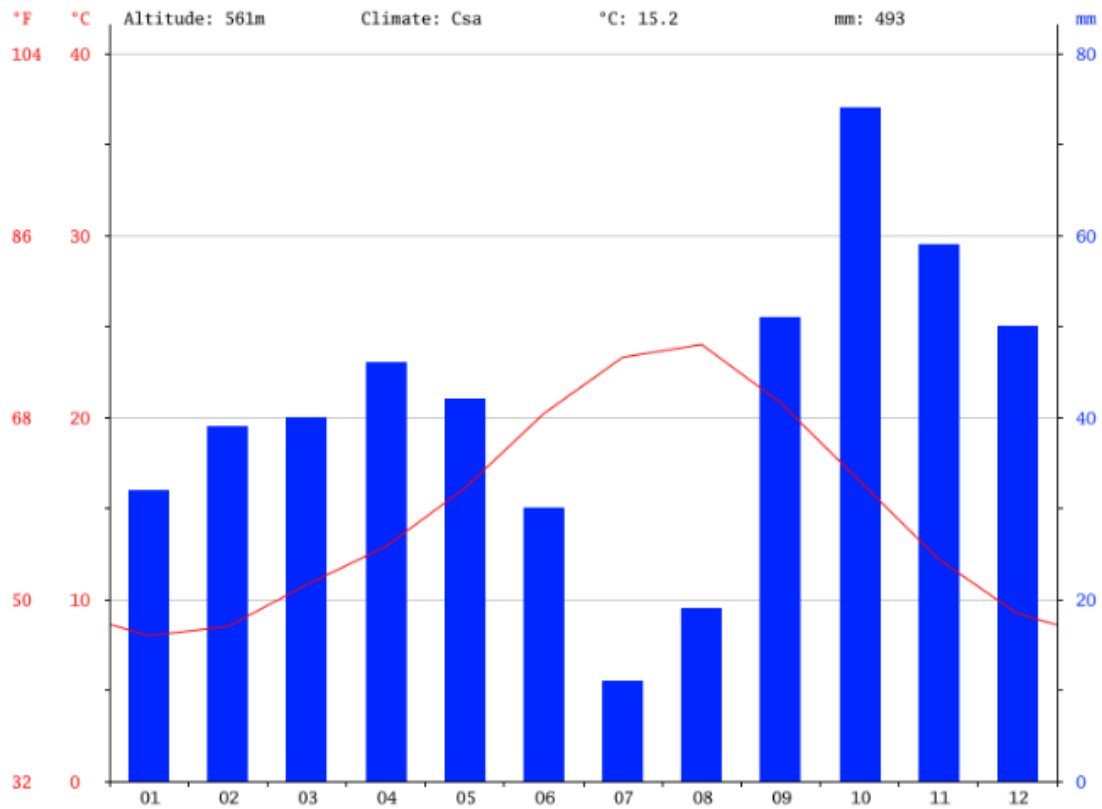


Figura 11 Climograma de Alcoy

La menor cantidad de lluvia ocurre en julio. El promedio de este mes es 11 mm 74 mm, mientras que la caída media en octubre. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año [37].

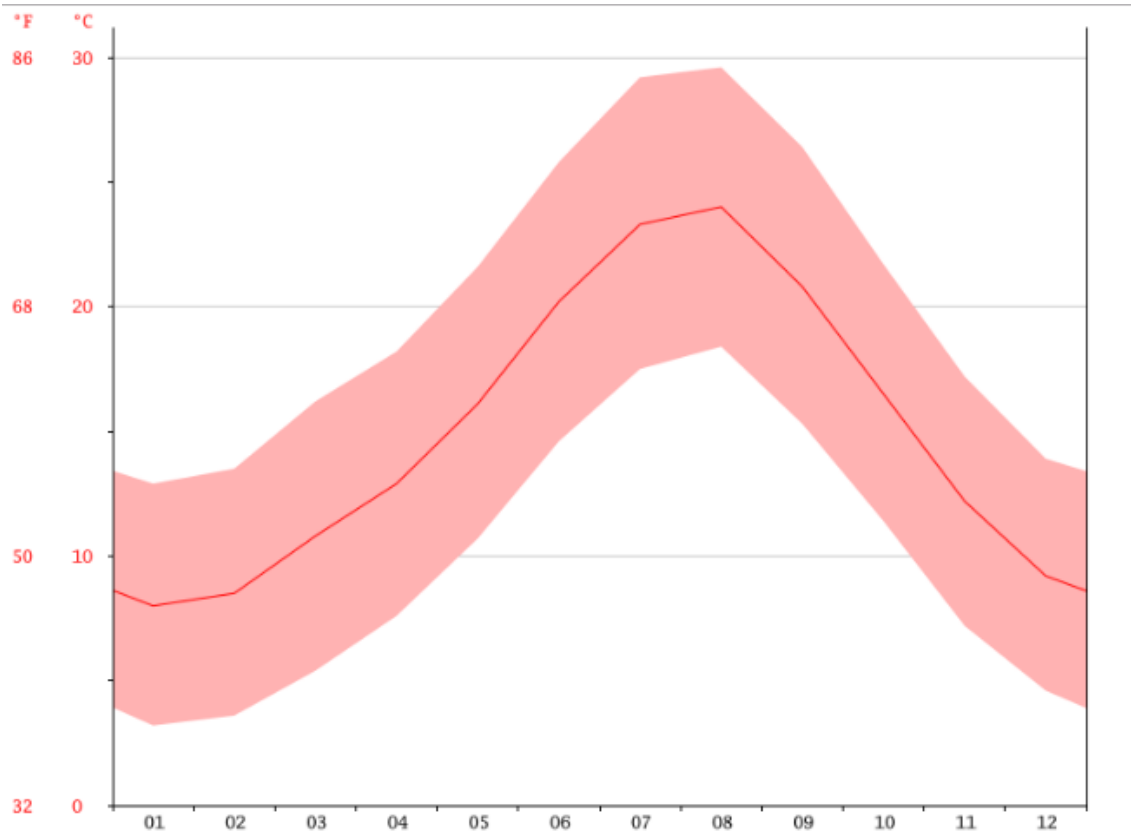


Figura 12 Diagrama de temperatura de Alcoy

Las temperaturas son más altas en promedio en agosto, alrededor de 24.0 ° C. El mes más frío del año es de 8.0 ° C en el medio de enero.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	8	8.5	10.8	12.9	16.1	20.2	23.3	24	20.8	16.5	12.2	9.2
Temperatura mín. (°C)	3.2	3.6	5.4	7.6	10.7	14.6	17.5	18.4	15.3	11.4	7.2	4.6
Temperatura máx. (°C)	12.9	13.5	16.2	18.2	21.6	25.8	29.2	29.6	26.4	21.7	17.2	13.9
Temperatura media (°F)	46.4	47.3	51.4	55.2	61.0	68.4	73.9	75.2	69.4	61.7	54.0	48.6
Temperatura mín. (°F)	37.8	38.5	41.7	45.7	51.3	58.3	63.5	65.1	59.5	52.5	45.0	40.3
Temperatura máx. (°F)	55.2	56.3	61.2	64.8	70.9	78.4	84.6	85.3	79.5	71.1	63.0	57.0
Precipitación (mm)	32	39	40	46	42	30	11	19	51	74	59	50

Tabla 1 Tabla climática / Datos históricos del tiempo en Alcoy

La variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es de 63 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 16 °C.

Todo esto es muy importante para el estudio del comportamiento de la luz solar en el espectro, hay que tener en cuenta el factor de las nubes ya que filtran una gran parte de radiación visible e infrarroja y parcialmente la UV.

Los fotones sufren un cambio de trayectoria debido a que el vapor de agua no tiene capacidad de absorción sobre la radiación UV en el espectro. Esto afecta al hecho de que, si el número de choques por cada fotón es muy pobre, se produce una transformación de la radiación UV directa en radiación difusa sobre la superficie [38].

4.1.4 Radiación solar

Introduciendo las coordenadas de Alcoy en el programa:

NASA Surface meteorology and Solar Energy – Location [39]

Se han podido obtener los datos de radiación directa para cada mes durante todo un año (2016) y el valor promedio de radiación:

Monthly Averaged Direct Normal Radiation (kWh/m²/day)													
Lat 38.346 Lon -0.485	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	4.07	4.57	5.12	5.63	5.81	6.86	7.24	6.57	5.26	4.48	3.84	3.53	5.25

Minimum And Maximum Difference From Monthly Averaged Direct Normal Radiation (%)													
Lat 38.346 Lon -0.485	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Minimum	-20	-24	-14	-18	-22	-17	-6	-5	-16	-15	-20	-19	
Maximum	25	31	28	18	8	12	10	9	5	26	22	29	

NOTE:	<i>Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.</i>
-------	---

Tabla 2 Radiación solar directa de Alcoy para cada mes

En la siguiente tabla se obtiene la insolación media de Alcoy [40]:

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day)													
Lat 38.346 Lon -0.485	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
22-year Average	2.31	3.15	4.25	5.35	6.01	6.77	6.84	6.03	4.63	3.39	2.41	1.98	

Tabla 3 Insolación de Alcoy para cada mes [40]

4.2 Descripción general del reactor

4.2.1 Planta piloto

La planta piloto SOLARDETOX ACADUS-2015/0.45 es una planta móvil de fotocátalisis solar para investigación de campo. El diseño de esta planta resume el desarrollo de materiales, ingeniería y control utilizado en plantas fabricadas por Ecosystem desde el año 1999, dentro del Proyecto Europeo SOLARDETOX (*Brite-Euram IV Programa Marco*) y desarrollos posteriores (*CADOX, SOLWATER y AQUACAT del V Programa Marco*).

Esta versión básica de la SOLARDETOX ACADUS-2015 esta provista de un radiómetro UV-A solar con indicación de la radiación solar y su integración durante el ensayo. En este caso se añadió un equipo MULTIMETER 44 para la medición del pH, Oxígeno disuelto (DO) y temperatura.

Esta versión se ha realizado totalmente en aluminio anodizado y acero inoxidable A4-16, de esta forma se asegura una gran resistencia a la corrosión.

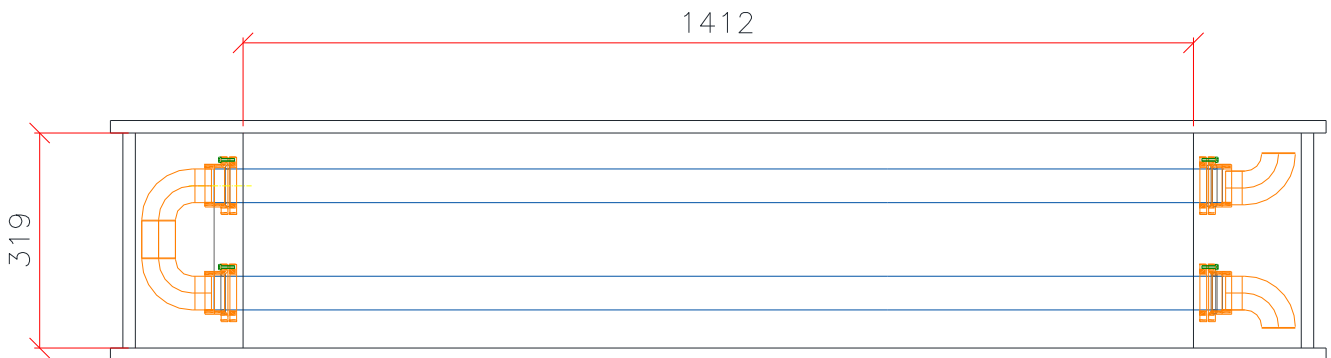


Figura 13 Dimensionamiento de los tubos Pyrex del reactor

La planta esta preparada para ser utilizada a la intemperie, por lo que se puede dejar fuera, pero se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Muy fuertes vientos podrían llegar a tumbarla.
2. La irradiación solar en combinación con humedad y polvo depositado en los espejos de aluminio van deteriorando estos elementos. Asimismo, el tubo de borosilicato puede sufrir el fenómeno de solarización.

4.2.2. Descripción general y materiales

La planta piloto dispone de un reactor de fotocátalisis solar de 0.45 m² de superficie de captación, conformado por 2 tubos de borosilicato de 50 mm de diámetro (1½”), 2.5 mm de espesor y 1500 mm de largo con sus respectivos espejos CPC de aluminio anodizado. El reactor está fijo a una inclinación de 40°. Trabaja como reactor en flujo pistón: los 2 tubos están conectados en serie.

Los espejos CPC son de aluminio anodizado de alta resistencia a la intemperie, sus sujeciones y tornillería son de acero inoxidable 316-A4. El marco estructural es de aluminio anodizado.

La cantidad de muestra problema en todo el reactor se reparte de la siguiente forma:

- Volumen irradiado: 4.5 L
- Volumen reactor con tubería: 6 L
- Volumen mínimo de trabajo recomendado: 7.5 L
- Volumen máximo: 11.9 L

La bomba de circulación es una Panworld NH-40PX alimentada con 220 V AC y 40 Watts de potencia. Su curva característica se aprecia en la **fig. 2**.

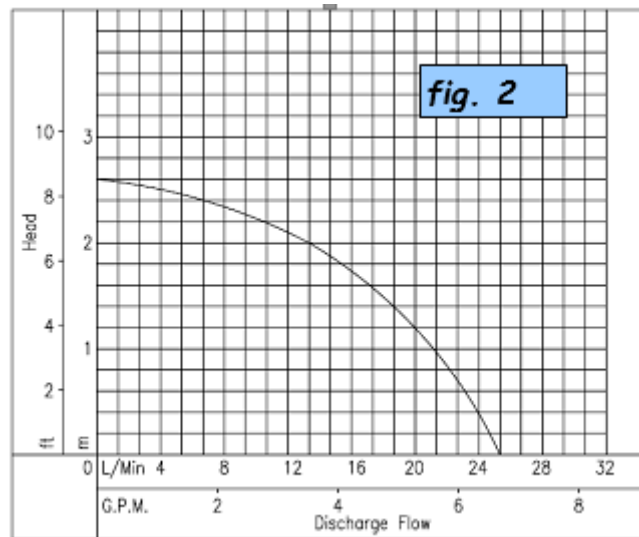


Figura 14 Curva característica de la bomba de circulación

El reactor fotocatalítico dispone de sistema de control automático que detiene el proceso una vez recibida la energía UV-A requerida por el usuario. El líquido regresa por gravedad al tanque de circulación.

4.2.3. Descripción de equipos de control

Radiómetro UV-Acadus 85-PLS

El radiómetro ultravioleta A de banda ancha, muestra la potencia solar instantánea y la energía acumulada por el sistema. Asimismo, lleva un indicador de temperatura, de pH, y DO en la entrada del reactor.

- Sensor ultravioleta

Está diseñado y fabricado por Ecosystem SA, en teflón con tornillería de acero inoxidable de tipo fotométrico (fotodiodo de silicio de espectrometría de precisión), filtro de banda ancha con pico de medición a 330 nm con un rango de respuesta entre 290 y 370 nm y con una atenuación de 5 OD entre los 400 y 1150 nm. La señal analógica del sensor tiene un rango de 0 a 75 mV correspondiente a un intervalo de 0 a 95,0 W/m².

- Controlador LS-3200

Es un equipo programado para:

- Indicar la irradiación UV-A solar actual.
- La señal de 0 a 75 mV del radiómetro es transformada a un valor de 0 a 95,0 W/m², en unidades de potencia/superficie [W/m²] (2ª línea display en color rojo).
- Integrar la irradiación UV-A e indicar la energía recibida del espectro UV-A solar.
- El LS-3200 realiza automáticamente la integración de la señal del radiómetro e indica la energía recibida por 0,45 metros cuadrados de superficie, en el rango ultravioleta medida por el sensor, en unidades de energía [Wh] (1ª línea display en color verde).
- Detener la bomba de circulación cuando llegue a la consigna (Set Point) de energía requerida en el ensayo.
- Transmitir los valores de irradiación y energía.

Tarjeta MAC-580

Su función es convertir las señales analógicas a RS485 y las transmite al ordenador para realizar la adquisición de los datos con el software PROASIS.

Se alimenta con una corriente alterna de 220 V, dispone de una salida digital RS-485. Puede llegar a recibir hasta 8 señales analógicas de 0 a 20 mV o de 4 a 20 mV, que son medidas con un shut (resistencia) de 3,75 Ohms. La configuración del MAC 3580 se realiza con el software LOOPWIN. Fabricada por DESIN Instruments SA.



Figura 15 Tarjeta MAC-580

Tarjeta IS-210 USB

Transforma señales digitales RS485 a RS232 para puertos USB. Fabricada por ISERNTECH. Las señales RS485 pueden transmitirse hasta los 100 m.

Tarjeta RS485/USB

Conecta la planta al ordenador para permitir la adquisición de datos y control programado por el software.



Figura 16 Tarjeta RS485/USB

MULTIMETER 44 (pH, Oxígeno disuelto, Temperatura)

Permite medir y transmitir los valores de pH, oxígeno disuelto y temperatura del líquido que circula por la planta piloto al ordenador.

Fabricado por la empresa CRISON. Tiene una placa base 4410 de medida de pH, dos placas 4430 para el oxígeno disuelto y temperatura. Cada placa posee una señal de entrada, dos salidas de relé y dos salidas de 4 a 20 mA. Se alimenta con 220 V a corriente alterna.



Figura 17 MULTIMETER 44 (pH, Oxígeno disuelto, Temperatura)

Cuadro eléctrico

El cuadro eléctrico consta de los componentes eléctricos y elementos de seguridad bajo las normas CE y la estructura soporte.

Tuberías y válvulas

El material de las tuberías y las válvulas es de polipropileno, no hay parte metálica que esté en contacto con el líquido circulante. Éstas permiten:

- Recirculación sobre el tanque para un mezclado homogéneo con ajuste de pH y temperatura o dilución de contaminantes.
- Operación del reactor solar de modo Batch.
- Operación semi-continua reactor solar. Agregar un caudal bajo de agua contaminada e ir retirando el mismo caudal por la válvula de muestreo.
- Drenaje total del sistema
- Lavado en flujo pistón el reactor solar.

Canales

Canal 1

Se instaló una placa de pH, con señal de electrodo 5331 con electrolito de gel presurizado (pH: 0-14, Temp: 0-100°C, P hasta 2,5 bar) conectado al controlador con cable coaxial.

Canal 2

En el canal 2 se ha instalado una placa de oxígeno disuelto, con una señal de electrodo 6050 conectado al controlador con cable coaxial y al multifilar de 3 metros. La señal de salida (4-20mA), correspondiente al OD de entrada, se ha configurado un rango de medición de 0 y 10 mg/L y se ha conectado a la tarjeta MAC 3580 [41].

4.3 Consumo energético actual

El total de días del año es de 365 o 366 si es bisiesto. Para los días no laborables se tiene en cuenta aquellos días que se distribuye de la siguiente manera aproximadamente:

- ✓ 52 sábados y 52 domingos
- ✓ 16 festivos entre locales, nacionales y navidad.
- ✓ Días libres, variable según la empresa, generalmente 3.
- ✓ Días de vacaciones, también variables, se tomará como media 25.

Esto nos da un total de 148 días no laborables a lo largo del año. Se puede deducir que un año tiene generalmente 217 días laborables, cantidad que puede variar.

Si tenemos una jornada laboral de 8 horas diarias, tendremos *1736 horas* como jornada laboral anual.

El consumo en kWh al día en este caso es de *0,440 kWh / día*, para calcular el consumo anual se multiplicará este valor por los días laborables
0,440 kWh/día x 217 días = 95,48 kWh anuales.

El precio por kWh de la empresa suministradora de energía (Iberdrola) es de 0,117988 €/kWh por lo tanto, si se multiplica el valor del consumo anual por éste se tiene el coste anual del consumo de la planta)

$$0,117988 \text{ €/kWh} \times 95,48 \text{ kWh} = 11,27 \text{ €}$$

3.4 Contaminante modelo

El insecticida utilizado en el estudio es el acetamiprid ($C_{10}H_{11}ClN_4$) 20%. Se presenta en cristales o polvo fino de color blanco, sin olor. Su punto de fusión es igual a 98.9 °C. Su densidad es igual a 1.330 g/cm³ a 20 °C. Su solubilidad en agua es igual a 4.25x10³ mg/L a 25 °C. Es soluble en acetona, metanol, etanol, diclorometano, cloroformo, acetonitrilo y tetrahidrofurano. Su presión de vapor es igual a 4.4x10⁻⁵ mm Hg a 25 °C. Su constante de la ley de Henry es igual a 6.9x10⁻⁸ atm-m³/mol a 25°C.

Resulta efectivo para el control de los insectos en los cultivos como las hortalizas de hoja verde. Es un pesticida comercial efectivo por su protección contra la larva de la mosca de la fruta de la cereza [42].

3.5 Condiciones de operación

El horario de trabajo establecido para los experimentos es de 8 horas solares.

5. Implementación de sistemas de abastecimiento energético

5.1 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica. Esta energía solar se encuentra disponible en todo el mundo; algunas zonas del plante reciben as radiación solar que otras. En el caso particular de España, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde la perspectivas técnicas y económicas.

La energía del Sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se debe pagar por utilizar esta energía. Sin embargo, es importante recordar que, para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico [25].

5.1.1 Aspectos técnicos

La energía solar se puede transformar de dos maneras:

- La primera, utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del Sol para producir calor. A esta energía obtenida, se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.
- La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del Sol para producir electricidad. A esta energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de paneles solares fotovoltaicos.

Dentro de las fases del sistema, se puede mencionar la transformación directa y eficientemente de la energía solar en energía eléctrica, almacenamiento adecuado de la energía eléctrica generada, abastecimiento adecuado de la energía producida y almacenada y la utilización eficiente de la energía.

5.1.2 Partes que conforman un sistema fotovoltaico

- Panel fotovoltaico

La celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica (corriente continua) cuando la luz incide sobre algunos materiales concretos.

Estas celdas fotovoltaicas están hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el que más se usa. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de los paneles fotovoltaicos.

En el mercado existen una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares, según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

- Módulos de silicio mono cristalino: son muy utilizados por su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es superior a otros tipos.
- Módulos de silicio poli cristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio mono cristalino, pero su eficiencia es menor.
- Módulos de silicio amorfo: son menos eficientes que los dos anteriores, pero tienen un precio mucho menor.

- Marco de vidrio y aluminio

Tiene como función principal de soportar mecánicamente las celdas fotovoltaicas y de protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie (humedad, polvo...). El conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico.

El vidrio frontal es antireflejante para poder optimizar la captación de los rayos solares. El marco también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto de la estructura de soporte.

- El regulador de carga

Es un dispositivo electrónico que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia el aparato que utiliza la electricidad. Si la batería está totalmente cargada, el regulador interrumpe el paso de la corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia los equipos que se abastecen.

- El inversor

Transforma la corriente continua en corriente alterna utilizable para el consumo.

Los paneles fotovoltaicos proveen una corriente directa a 12 o 24 V por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforma a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V.

La electricidad que aporta un panel solar fotovoltaico es siempre corriente continua. Pero normalmente se usa corriente alterna, en nuestras casas, por ejemplo. Son dos tipos de corriente diferentes, que necesitan de algo que los haga compatibles. Por eso cuando se instalan paneles solares hay que acompañarlos de un inversor que se ocupa de convertir la corriente continua en alterna. Esto hace que se pierda algo de electricidad en el camino, una pérdida de eficiencia.

- Baterías

La radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (por nubes o tormentas). Por ello se necesitan equipos apropiados para

almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se requiera.

El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de baterías. Estas, son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos. La mayoría de las baterías suelen ser de plomo – ácido. Existen dos tipos básicos: las de tipo monobloque y las estacionarias. En ocasiones, es frecuente la instalación de un grupo electrógeno, que en ausencia de radiación solar por condiciones climatológicas adversas se encarga de generar electricidad [25].

5.1.3 Aspectos ambientales

El mal uso y manejo de estos paneles puede tener efectos dañinos al medio ambiente, por ello se sugieren algunas recomendaciones que se deben atender para evitar daños ambientales:

- Los sistemas fotovoltaicos deben ser instalados correctamente para poder evitar su fallo prematuro, de lo contrario ocasionará el abandono de los equipos y su posible deterioro. Tampoco tiene sentido invertir en un equipo de alta tecnología si no va a ser utilizado durante muchos años.
- Debe existir un programa eficaz de retiro y reciclaje de baterías; las baterías de uso fotovoltaico abandonadas a la intemperie después de cumplir su vida útil podrían ocasionar contaminación por lo que es necesario elaborar un programa para el desecho de las baterías.
- El derrame de la disolución de ácido sulfúrico de las baterías representa un peligro para la piel y para el suelo. En la mayoría de los casos esta contaminación se produce cuando se abandona irresponsablemente su mantenimiento [25].

6. Cálculo de la instalación fotovoltaica aislada

En el caso de una instalación de energía solar fotovoltaica autónoma (aislada de la red), es fundamental un correcto dimensionamiento tanto para poder abastecer con garantías la demanda energética que tengamos, como también para acotar el coste económico de la instalación.

6.1 Consumos estimados

Establecemos para el caso de nuestro presente proyecto los equipos básicos necesarios que consumirán energía:

Bomba: 8h x 50 W/día = 400Wh/día

Otros (radiómetro, otros accesorios complementarios etc.): 8h x 5 W/día = 40Wh/día aproximadamente

En este apartado, se estiman los consumos para este caso concreto.

Así pues, se suman los diferentes consumos parciales, se obtiene el consumo total estimado para nuestro caso:

Consumos por día estimados (Cde) = 440 Wh / día = 0,440 kWh / día

6.2 Radiación solar disponible

Para obtener la radiación solar incidente, se pueden utilizar tablas con estimaciones ya existentes.

Monthly Averaged Direct Normal Radiation (kWh/m²/day)

Lat 38.346 Lon -0.485	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	4.07	4.57	5.12	5.63	5.81	6.86	7.24	6.57	5.26	4.48	3.84	3.53	5.25

Minimum And Maximum Difference From Monthly Averaged Direct Normal Radiation (%)

Lat 38.346 Lon -0.485	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Minimum	-20	-24	-14	-18	-22	-17	-6	-5	-16	-15	-20	-19
Maximum	25	31	28	18	8	12	10	9	5	26	22	29

NOTE:

Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.

Tabla 4 Radiación solar incidente en Alcoy

Se puede observar que el mes más desfavorable de radiación es en diciembre con 3,53 kWh·m²/día. De forma que dimensionaremos la instalación para las condiciones mensuales más desfavorables de insolación, y así nos aseguramos que cubriremos la demanda durante todo el año.

Una vez conocemos la radiación solar incidente, la dividimos entre la radiación solar incidente que utilizamos para calibrar los módulos (1 kW/m²), y obtendremos la cantidad de horas sol pico (HSP). A efectos prácticos en nuestro caso este valor no cambia, pero utilizaremos el concepto de HSP (horas sol pico) que es el número de horas equivalente que tendría que brillar el sol a una intensidad de 1000 W /m² para obtener la insolación total de un día, ya que en realidad el sol varía la intensidad a lo largo del día [43].

$$HSP = \text{radiación solar tablas} / 1kW/m^2 = 3,53 HSP$$

6.3 Tamaño del panel

El tamaño de un sistema fotovoltaico (FV) está dado por el Watt Pico (Wp). Esta es la salida máxima de un panel FV bajo condiciones estándar que son: a temperatura ambiente 25°C y 1000 Watt/m² de irradiación.

La fórmula supone una eficiencia del sistema de aproximadamente 90% que se basa en la eficiencia del panel (10%) y la eficiencia de la batería (80%). Otro dato que se asume es la potencia proporcional de los paneles por metro cuadrado de 100 Wp.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula [44]:

$$Ar = 1200 \times Ed / Id$$

Donde:

Ar: Tamaño del panel (Wp)

Ed: Consumo de electricidad (kWh / día)

Id: Irradiación (kWh / m² / día)

$$Ar = 1200 \times 0,440 / 3,53 = 149,58 \text{ Ajustando } 150 Wp^*$$

*La potencia de un módulo solar se mide en W_p (*Watt peak*, vatio pico), o más concretamente, en sus respectivos múltiplos: kW_p o MW_p. Se trata de la potencia eléctrica generada en condiciones estándares para la incidencia de luz.

6.4 Capacidad de los acumuladores

El tamaño de la batería solar de almacenamiento depende de la importancia de la confiabilidad del suministro de potencia. En muchos de los casos es suficiente un almacenamiento en baterías de 2 o 3 días. Esto significa que la capacidad de la batería debería ser de por lo menos 2 o 3 veces el consumo de energía diario para poder suplir durante 2 o 3 días sin brillo solar.

Pero esto es sólo suficiente cuando las baterías funcionan a un 100% de eficiencia y cuando las baterías pueden descargarse al 100%. Ambos no son los casos. Por ejemplo, para una batería común de ácido - plomo la eficiencia puede ser de 80% pero depende mucho del uso de la batería. Cuando se carga y se usa constantemente, la eficiencia será alta.

Cuando la batería sea poco utilizada, la autodescarga provocará una baja eficiencia. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 50% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado [44].

En instalaciones fotovoltaicas no se buscan descargas agresivas, sino más bien progresivas, por esta razón las baterías a utilizar suelen ser con descarga de 100 horas (C100), pues cuanto más intensa es la descarga de una batería menos energía es capaz de suministrarnos [43].

Por lo tanto, el tamaño de la batería de almacenamiento aumenta considerablemente.

Para nuestro caso, deberemos calcular el tamaño de la batería con la siguiente fórmula [43]:

- Cálculo del tamaño de la batería:

$$\text{Tamaño} = (AUT \times Ed) / (REND \times DESC)$$

Donde:

AUT (Autonomía – días sin brillo solar) = 2

Ed = consumo de energía en kWh = 0,440 kWh

REND (eficiencia de la batería) = 80%

DESC (descarga de la batería) = 50%

Se aplica la fórmula para nuestro caso:

$$\text{Tamaño} = (2 \times 0,440) / (0,8 \times 0,5) = 2,2 \text{ kWh} = 2200 \text{ Wh}$$

La unidad de capacidad de las baterías comerciales se mide en Amperios-hora, por lo tanto, se divide este valor por el voltaje y se obtiene como se puede ver a continuación:

$$2200 \text{ Wh} / 12 \text{ V} = 183,33 \text{ Ah}$$

- Elección del voltaje de la batería solar

12 V si la potencia es menor que 1.500 W

24 V o 48 V si la potencia esta entre 1.500 y 5.000 W

48 V o 120 V si la potencia es mayor de 5.000 W o 5 kW

Escogeremos 12 V ya que nuestro consumo es de 440 W y no supera los 1500 W.

- Número de baterías necesarias:

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = \text{tamaño} / (\text{Ah} \times \text{V})$$

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = 2200 / (100 \times 12) = 1.83 \langle \rangle 2 \text{ Baterías}$$

Se escoge una batería de 100 Ah de capacidad ya que teóricamente como necesitamos que el acumulador tenga una capacidad de 183,33 Ah, aproximando serán 200 Ah, por lo tanto, se requerirá de 2 baterías de 100 Ah cada una.

Este tipo de batería de 100 Ah, puede dar una corriente de 10 A durante 10 h o 1 A durante 100 h. El tiempo estándar de descarga suele estar comprendido entre 10 o 20 horas [43].

6.5 Selección del regulador y el inversor

Finalmente, ya sólo quedaría elegir un regulador de carga y un convertidor de corriente continua a corriente alterna para poder disponer de corriente alterna a 220 V para abastecer a nuestro reactor.

6.5.1 Regulador

Los reguladores de carga vienen determinados por la intensidad máxima de trabajo y por el voltaje en que hayamos diseñado nuestra instalación.

$$\text{Panel} - \text{batería} = 150 \text{ Wp y batería de } 12 \text{ V} = 150/12 = 12,5 \text{ A.}$$

Entonces el regulador que se seleccionará deberá soportar una corriente máxima de 12,5 A. [44]

6.5.2 Inversor

La potencia del inversor de CC/AC la tendremos que elegir en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicado por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos (normalmente valores que van de 0,5-0,7). En nuestro caso la potencia total estimada es de 55 W.

$$\text{Potencia inversor} = 55 * 0,7 = 38,5 \text{ W}$$

Así pues, con un inversor de 40 W sería suficiente para nuestro caso. Aunque habrá casos en los que no será necesario su uso porque los equipos que se emplean funcionan con corriente continua.

7. Inclinación de los paneles solares

- Empleando la herramienta **PV potential estimation utility** [46] e introduciendo las coordenadas geográficas de Alcoy, se ha obtenido la siguiente tabla:

Latitud:	38°	42'	19''	Norte
Longitud:	0	°	28'27	"Oeste
Potencia nominal del sistema fotovoltaico:	1kWp			
Inclinación de los módulos:	35deg.			
Orientación (azimut) de los módulos:	0deg.			

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	3.13	96.9	3.95	123
Febrero	3.74	105	4.76	133
Marzo	4.36	135	5.71	177
Abril	4.30	129	5.72	171
Mayo	4.65	144	6.27	194
Junio	4.90	147	6.73	202
Julio	5.06	157	7.04	218
Agosto	4.73	147	6.58	204
Septiembre	4.13	124	5.62	169
Octubre	3.76	117	5.03	156
Noviembre	3.09	92.8	3.99	120
Diciembre	2.75	85.3	3.49	108
Anual	4.05	123	5.41	165

Tabla 5 Inclinación de los paneles

Ed: Producción media diaria de electricidad del sistema dado (kWh)
 Em: Producción media mensual de electricidad del sistema dado (kWh)
 Hd: suma media diaria de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m²)
 Hm: suma media de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m²) [46]

8. Posibles propuestas

Analizando la información recopilada en las fases anteriores, se puede concluir que hay distintos sistemas y mecanismos que permiten que la planta de tratamiento de aguas residuales funcione de manera más eficiente en términos tanto energéticos como ambientales. A continuación, se va a hacer un estudio de los distintos sistemas fotovoltaicos de diferentes mercados, para poder decidir que materiales serían convenientes para nuestra instalación.

8.1 Paneles solares

8.1.1 Placa solar fotovoltaica policristalina SCL-150P1



Figura 18 Módulo fotovoltaico policristalino 150W 12V 36 células SCL-150P1

Precio: 149,00 €

Las potencias de módulos de 150W nos permiten en instalaciones aisladas, como pueden ser casetas de fin de semana o bombeos solares de potencia media, disfrutar de energía eléctrica sin necesitar conectar la instalación a la red pública.

Gracias a su tecnología de fabricación, los módulos solares SCL ofrecen eficiencias de conversión de hasta el 15,6%.

Proceso de fabricación bajo norma ISO 9001, cumplen los estándares de calidad y disponen de certificados IEC, TUV, ETL, MCS, CE [47].

Características técnicas:

- Potencia nominal (P_{max}) [w]: 150
- Voltaje a potencia máxima (V_{mp}) [V]: 18.2
- Intensidad a potencia máxima (I_{mp}) [A]: 8.22
- Voltaje a circuito abierto (V_{oc}) [V]: 22.6

- Intensidad de cortocircuito (Isc) [A]: 8.7
- Tolerancia de potencia [W]: +/-3%
- Voltaje máximo IEC EN: 1000V
- Eficiencia del Módulo: 15.6
- Células: 36 (6x9) células multicristalinas 156 X 156 mm
- Caja conexión: TUV certificado
- Dimensiones: 1483 X 665 X 35 mm
- Peso: 12 kg
- Carga máxima; Carga de viento: 2400 Pa / Carga peso: 5400 Pa

8.1.2 Placa solar fotovoltaica Techno Sun monocristalina



Figura 19 Techno Sun de 150 Wp 12V monocristalino

Precio: 149,00 €

Panel solar monocristalino de 150 Wp 12V. Con una tensión nominal de 12V, es ideal para instalaciones aisladas, donde se necesiten cargar baterías.

Es un módulo muy aceptado debido a su relación calidad/precio.

Es capaz de proporcionar más de 560 Wh diarios, lo que significa que se podrá conectar por ejemplo 3 bombillas de 15W y un ordenador de 75 W durante 5 horas diarias [48].

Características técnicas:

- Potencia nominal: 150W
- Voltaje en circuito abierto (Voc): 22,42V
- Voltaje en el punto de máxima potencia (Vmpp): 18,99V
- Corriente de cortocircuito (Isc): 8,45A
- Corriente nominal (Impp): 7,90A
- Sistema de voltaje máximo: 1000VDC
- Tipo de célula: Monocristalinas
- Dimensiones: 1485 x 668 x 35 mm
- Peso: 11,60 Kg

8.1.3 Placa solar fotovoltaica policristalina 150W

Este panel solar es recomendado para instalaciones fotovoltaicas para zonas aisladas sin suministro eléctrico de la compañía como también para sistemas con conexión a red mediante inversor [49].



Figura 20 Panel solar fotovoltaico policristalino 150W

Precio: 111,17€

Características técnicas:

- Potencia máx. 150 W
- Corriente de corto circuito (Isc) 8.53 A
- Corriente máx. de operación (Im) 7.94 A
- Tensión de circuito abierto (Voc) 22.4 V
- Tensión máx. de operación (Vm) 18.9 V
- Tensión máx. del sistema 1000 V
- Temperatura de servicio -40°C hasta +85°C
- Tolerancia de potencia positiva 0 a + 6W
- Eficiencia del módulo 15.0%
- Coeficiente de temperatura tensión en vacío - 0.34%/°C
- Celdas fotovoltaicas policristalinas 36 (4x9) 156 x 156mm
- Fusible serie máximo 15 A
- STC: 1000 W/m², Temp. celdas = 25°C, AM = 1.5
- Marco de aluminio anodizado
- Vidrio templado de 3.2mm
- Caja de conexión norma IP65
- Cable 4mm² largo 900mm con conectores MC4
- Dimensiones 1480 x 675 x 35 mm
- Peso aprox. 12.0 Kg

8.1.4 Placa solar fotovoltaica Solarworld



Figura 21 Placa solar fotovoltaica policristalina 12V/150 Wp Solarworld

Precio: 160,00 €

Placa solar fotovoltaica policristalina 12V/150 Wp Solarworld. Módulo solar fotovoltaico policristalino de 150 Wp de potencia de la prestigiosa firma alemana Solarworld.

Es idónea en instalaciones aisladas como casas de campo, embarcaciones, caravanas, etc. [50].

Características técnicas:

- Número de células: 36
- Tipo de células: policristalinas 6" (156 x 156mm)
- Tensión máxima del sistema: 1000V Clase 2
- Potencia nominal STC (Pmax): 150W
- Rango de potencia: +/- 5%
- Tensión máxima de potencia: 18,30V
- Tensión de circuito abierto: 22,50 V
- Corriente a máxima potencia: 8,27 A
- Corriente de cortocircuito: 8,81 A
- Coef. Temp. Tensión: -0,31%/K
- Coef. Temp. Corriente: 0,051 %/K
- Coef. Temp. Potencia: -0,41 %/K
- Temperatura de trabajo: -40 a 85 °C
- Dimensiones: 1508 x 680 x 34 mm
- Peso: 11.8 Kg
- Garantía del producto: 10 años contra defectos de fabricación.

8.1.5 Placa solar fotovoltaica Waaree



Figura 22 Módulo solar Waaree 150wp 12v

Precio: 140,00 €

Placa solar policristalina de 150Wp 12V 36 células

Características técnicas:

- Fabricante: WAAREE
- Máximo voltaje del sistema: 1000 V
- Modelo: WS-150/12 V
- Potencia W: 150Wp
- Corriente nominal, I_{mp} (A): 8.47 A
- Limite (A): 15 A
- Fusible Máximo (A): 15 A
- Voltaje circuito abierto, V_{oc} (V): 22.47 V
- Corriente en corto circuito, I_{sc} (A): 8.90 A
- Voltaje nominal, V_{mp} (V): 17.72 V
- Eficiencia del módulo: 14,91 %
- Tipo: Policristalino
- Medidas: 1490 x 675 x 35mm
- Peso: 13 Kg

Todos los módulos de 150 Wp los cables se suministran conectados y con conectores MC4 compatibles.

Todos los módulos se suministran con marco de aluminio.

Garantía: Hasta 25 años Garantía limitada extendida [51].

8.2 Regulador de carga

Es indispensable un buen regulador de carga o regulador solar para que realmente la batería funcione bien a plena potencia. También los inversores de carga son imprescindibles para una buena instalación solar.

Un regulador de carga tiene como cometido principal la gestión de la carga de la batería para poder así proteger el funcionamiento de tu instalación solar.



Figura 23 Regulador Carga 15A minov2 ATERSA

Precio: 49,13€

Los reguladores de carga de la serie MINO V2 dan el control necesario de la carga y la descarga de una batería o acumulador dentro de una instalación solar de pequeño tamaño. Este tipo de reguladores de carga son ideales para pequeñas instalaciones de baja potencia, el regulador de carga MINO proporciona fiabilidad y bajo consumo, además de ser útiles para tensiones de 12V y 24V gracias a su sistema de regulación bitensión.

En primer lugar, deberemos conectar las baterías, tanto el polo positivo como el negativo, independientemente si tenemos la instalación a 12V o a 24V, es fundamental conectar en primer lugar las baterías por la seguridad de funcionamiento del regulador.

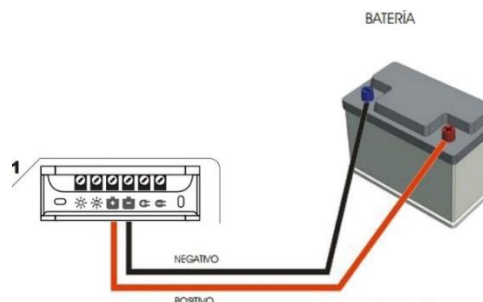


Figura 24 Conexión regulador-batería

En segundo lugar, conectaremos al controlador de carga el panel o paneles solares, en los bornes indicados en el propio regulador, en este momento si hay radiación suficiente, cuando los conectemos veremos que la luz de carga se iluminará automáticamente.



Figura 25 Conexión panel-regulador

Por último, conectaremos el consumo al regulador de carga, en el caso de que haya un inversor en la instalación, no deberemos conectarlo a estos terminales, sino directamente a la batería. Si tenemos un consumo a la misma tensión que la batería podremos conectarlo a esta salida que va regulada, eso quiere decir que el regulador no permitirá que se sobre-descargue la batería. Hay que tener en cuenta que esta salida estará limitada en consumo en función de los amperios máximos que pueda administrar el regulador y lo que esté circulando por la parte de panel a batería.

El regulador de carga MINO v2 15 Amperios, es un regulador de muy bajo consumo y económico, con un buen funcionamiento del sistema de regulación. El diseño del regulador de carga es idóneo para sistemas de pequeña potencia, por lo cual podemos decir que este regulador de carga proporciona un control óptimo para la carga y descarga de pequeños acumuladores.

Es un regulador de carga dinámico ya que permite la corriente máxima entre la entrada y la salida de la carga.

Para el montaje del regulador de carga MINO v2 15 Amperios debemos conectar la batería o acumulador de energía, los paneles y el consumo en continua en los correspondientes lugares que se ven reflejados en la imagen superior; una vez realizado ya se encargará de controlar que la carga de las baterías sea la idónea. Los reguladores de carga dan el control necesario de la carga y la descarga de una batería o acumulador dentro de una instalación solar de pequeño tamaño. Ideal para pequeñas instalaciones de baja potencia, el regulador MINO proporciona durabilidad, fiabilidad y bajo consumo. Útil para tensiones de 12V y 24V [52].

8.3 El inversor

La potencia máxima a consumir de forma continua es de 50W. En el mercado no disponen de inversores con una potencia tan pequeña, por lo tanto, se seleccionará el inversor más pequeño encontrado, de 200W/ 12V.



Figura 26 Inversore 200W 12V 250VA Victron Energy Phoenix VE.Direct Schuko 12/250

Precio: 117,12 €

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada, pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga [53].

8.4 Baterías

Como se ha calculado con anterioridad, se requieren dos baterías para el correcto funcionamiento de la instalación.

Si las dos baterías se conectan en paralelo, una de 12 V y 100 Ah con otra de 12 V y 100 Ah, pueden formar una capacidad teórica de 200 Ah, es decir, el doble de duración. Si se montan en serie se tiene entre las dos, una batería de 100 Ah suministrando 24 V.

En las baterías comerciales la c que aparece en las especificaciones y el número que la acompaña, por ejemplo, c10, c20, c100 indica la categoría de la batería en relación con el número que se refiere a la intensidad máxima que puede dar. Por ejemplo, c10 batería son 10 horas de descarga c100 batería son 100, etc.

La que se suele emplear para una instalación solar que se va a usar de forma continua es una c100 batería o más.

Las baterías para aplicaciones solares más utilizadas actualmente y que tienen gran éxito, son las baterías de plomo-ácido, porque son baterías solares con un precio muy accesible y tienen una gran capacidad de almacenamiento.

Pero en el mercado también existen otro tipo de baterías como las níquel-cadmio, níquel-hierro y plata-cadmio que también funcionan muy bien con los paneles solares, pero su coste es muy elevado.

8.4.1 Tipos de baterías que se pueden encontrar en el mercado

✓ De plomo ácido abiertas o de mínimo mantenimiento:

Este tipo de baterías como ventaja presentan que se deben rellenar con agua destilada. Como desventaja, requieren de citas de servicio para un mínimo mantenimiento.

✓ De plomo ácido selladas o libres de mantenimiento:

La principal ventaja de este tipo de baterías se encuentra que no requiere el mínimo mantenimiento; sin embargo, esta característica provoca su desventaja ya que al no necesitar mantenimiento acorta su vida funcional frente a las baterías que sí que requieren mantenimiento.

✓ De gel selladas o libre mantenimiento:

Estas baterías no precisan mantenimiento, por lo tanto, cuentan con una protección contra la salida de ácido. Como desventaja principal, no soportan una corriente mayor de la que se especifica.

✓ AGM selladas libre de mantenimiento:

Este tipo de baterías son de las que cuentan con más ventajas, entre las cuales destacan; no necesitan mantenimiento y están construidas con material de fibra de vidrio absorbido. Asimismo, se protegen contra salidas de ácido y pueden catalizar hasta el 95% del hidrógeno y el oxígeno gasificado otra vez en agua, por ello, tienen una vida más larga. Su mayor desventaja es que son baterías con precios elevados debido a su gran calidad [58].

8.4.2 Posibles baterías solares

A continuación, se presenta una tabla comparativa de las mejores baterías encontradas en el mercado:





Batería	Tipo	Características	Precio
<p>Blackbull Gel 100 Ah 12V</p>  <p>[54]</p>	Gel	<ul style="list-style-type: none"> -No necesita mantenimiento y está libre de derrames y vapores corrosivos. -Escasa autodescarga y alto volumen de ciclos de descarga profunda. 	238 €
<p>Power Sun 100 Ah 12V</p>  <p>[55]</p>	Plomo ácido	<ul style="list-style-type: none"> -Placas y separadores especiales. -Larga vida en ciclos de carga y descarga. -Reducido consumo de agua. -Reducida autodescarga. -Material plástico con alta resistencia a los impactos fortuitos. 	106,88 €
<p>AGM 100 Ah 12V RITAR</p>  <p>[56]</p>	AGM	<ul style="list-style-type: none"> -Larga vida útil. -No es necesario ningún tipo de mantenimiento. -Ideal para instalaciones solares. -Autodescarga reducida. -No emite gases al estar el electrolito empapado en una membrana en lugar de estar en estado líquido. (muy segura) 	175,00 €
<p>U-power 100 Ah 12V</p>  <p>[57]</p>	Gel	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor vida útil. -No requiere mantenimiento. -Autodescarga baja. 	183,92 €

Tabla 6 Tabla de posibles baterías solares del mercado

9. Selección del sistema de abastecimiento energético

Tras realizar un estudio de los diferentes paneles solares, se han seleccionado cinco tipos de paneles proporcionados por diferentes empresas. Todos estos vistos anteriormente cumplen con los requisitos del presente proyecto, pero tras analizar las características de cada uno de ellos, se seleccionará el módulo fotovoltaico policristalino 150W 12V 36 células SCL-150P1, puesto que tiene mayor eficiencia y su precio es asequible. Asimismo, cabe destacar que es preferible escoger un panel con células policristalinas ya que las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, o sea que cuando se ha fabricado el cristal, se ha controlado el crecimiento del propio cristal de silicio para que solo se formara en una dirección, consiguiendo un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal. En cambio, en las células policristalinas, no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que el cristal crece en todas direcciones creando un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí.

Inicialmente, aunque el sistema de fabricación del cristal monocristalino era un poco más caro que el del cristal policristalino, se utilizaba esta técnica porque así se conseguía obtener más rendimiento de las células, aunque poco a poco estas diferencias tanto de coste económico a la hora de fabricar el cristal, como de mejores rendimientos han ido disminuyendo frente a los cristales policristalinos.

Para continuar, hay que explicar que el rendimiento que se especifica en las fichas técnicas de los paneles solares, es un valor obtenido en un laboratorio a 25°C y con una insolación de 1000W/m², y se puede decir que como es un valor teórico al que en condiciones normales no conseguiremos llegar nunca, significa que llegaremos a un rendimiento del 15%, esto supone que un panel solar de un metro cuadrado de superficie, es capaz de conseguir generar 150W de energía eléctrica en las condiciones antes expuestas.

Por otra parte, en cuanto al inversor y regulador de carga expuestos con anterioridad, no se ha realizado una comparativa entre distintas marcas ya que estos dos componentes cumplen los requisitos del sistema y, además, los precios de ambos son afines.

En cuanto a las baterías, la mejor selección sería la batería de tipo AGM (AGM 100 Ah 12V RITAR) debido a que tiene numerosas ventajas, de entre las cuales destacan:

- ✓ Es ideal para la alimentación de aparatos de baja potencia como el caso del presente proyecto, además es adecuada para instalaciones solares.
- ✓ Permite utilizarla sin peligro de derrame del electrolito, por ejemplo, al moverla o desplazarla.
- ✓ No emite gases al estar el electrolito empapado en una membrana en lugar de estar en líquido, lo que convierte esta batería muy segura para cualquier uso.
- ✓ Si la cargamos mediante un regulador de carga solar, el propio regulador de carga solar sabe la energía que está entrando a la batería.
- ✓ No conlleva ningún tipo de mantenimiento al estar sellada.

- ✓ La temperatura óptima a la que trabaja la Batería AGM 100Ah 12V RITAR oscila entre 5º y 25ºC, admitiendo temperaturas de trabajo que van desde -20 hasta 60ºC.
- ✓ Tiene una vida útil aproximada de 1200 ciclos con descargas del 30%, esto convierte a esta batería en una de las más duraderas en comparación con otros modelos de capacidades similares.

10. Propuesta de intervención

Para el correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica aislada estudiada en los anteriores puntos, se precisan los siguientes componentes seleccionados anteriormente:

- ✓ El módulo fotovoltaico policristalino 150W 12V 36 células SCL-150P1
- ✓ Las dos baterías AGM 100 Ah 12V RITAR
- ✓ El inversor Victron Energy Phoenix VE. Direct Schuko 12/250
- ✓ El regulador 15A minoV2 ATERSA

A continuación, se presenta un esquema simple de la instalación fotovoltaica aislada conectada con el reactor fotocatalítico:

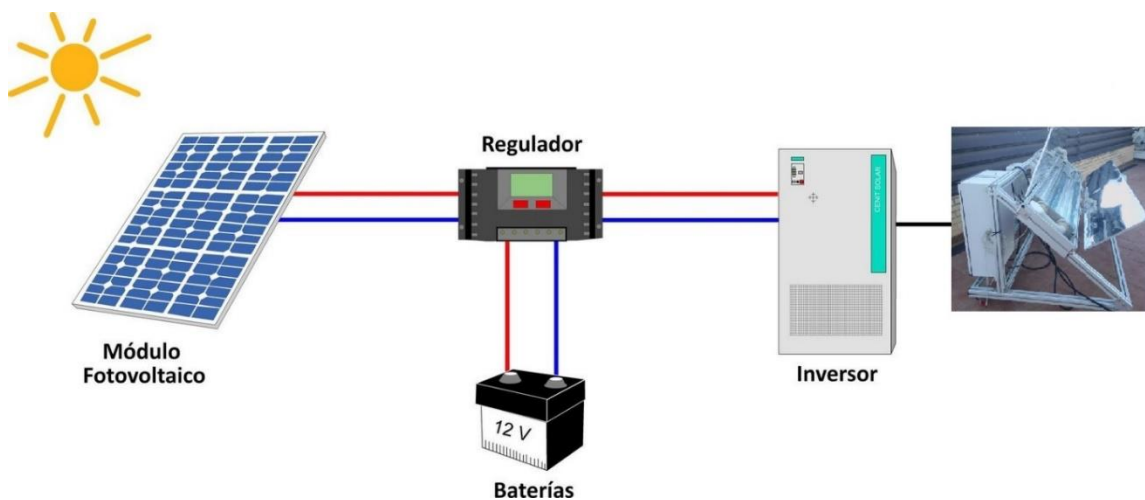


Figura 27 Esquema representativo de la instalación fotovoltaica conectada al reactor

10.1 Coste de la instalación

A continuación, se va a realizar un estudio económico en el cual se representa el coste de cada elemento de la instalación con su respectivo precio en la siguiente tabla resumen:

Componentes	Coste (€)
Módulo fotovoltaico policristalino 150W 12V 36 células SCL-150P1	149,00
Dos baterías de tipo AGM 100 Ah 12V RITAR	350,00
Inversor 200W 12V 250VA Victron Energy Phoenix VE.Direct Schuko 12/250	117,12
Regulador de carga 15A minoV2 ATERSA	49,13
Coste total	665,25

Tabla 7 Tabla del coste de la instalación fotovoltaica

11. Escalado industrial

Una vez se haya dado la aprobación del modelo, se decidirá la producción de un determinado volumen a tratar de este modelo.

En la planta piloto se trata un volumen de 6 L (contando el volumen radiado y tuberías), pero para el caso que se quiere estudiar, se debe calcular la potencia de la bomba para poder tratar 1000 L de agua.

Si la bomba consume 50 W con un volumen de 6 L, y se quiere extrapolar a una planta industrial que tuviese que tratar 1000 L, la potencia de la bomba que se estima sería de 8333,33 W.

11.1 Paneles solares

En este apartado, se estiman los consumos para este caso concreto.

Recalculando para el caso de la planta industrial;

Bomba: $8h \times 8333,33 \text{ W/día} = 66.666,64 \text{ Wh/día}$

Otros (radiómetro, otros accesorios complementarios etc.):

$8h \times 833 \text{ W/día} = 6.664 \text{ Wh/día aproximadamente}$

Así pues, se suman los diferentes consumos parciales, se obtiene el consumo total estimado para el caso:

Consumos por día estimados (Cde) = 73.330,64 Wh / día = 73,33 kWh / día

Para determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico se emplea la siguiente fórmula [44]:

$$Ar = 1200 \times Ed / Id$$

Donde:

Ar: Tamaño del panel (Wp)

Ed: Consumo de electricidad (kWh / día)

Id: Irradiación (kWh / m² / día)

$$Ar = 1200 \times 0,440 / 3,53 = 24928,045 \text{ Ajustando } 24929 \text{ Wp}$$

Luego el tamaño del panel será 24929 Wp. Como no existe un panel con tal generación de potencia, tenemos que seleccionar una determinada cantidad de paneles con potencias más bajas, que sumados en total obtengamos 24929 Wp.

Si se divide esta cantidad de energía por la del modelo escogido anteriormente de 150 Wp, se obtienen el número de paneles necesarios que pueden generar esa energía:

$$24929 \text{ Wp} / 150 \text{ Wp} = 166,19 \text{ Ajustando } 167 \text{ paneles}$$

Si escogemos un modelo de panel que pueda generar 250 Wp, entonces la cantidad de paneles se vería reducida;

$$24929 \text{ Wp} / 250 \text{ Wp} = 99,71 \text{ Ajustando } 100 \text{ paneles}$$

Es más rentable para el caso de la industria, escoger paneles que ofrezcan mayor potencia y de esta forma se consigue que haya menor número de paneles y menor gasto económico. Por lo tanto, se ha escogido el modelo de placa solar policristalina Munchen 250 Wp (panel con 6 x 10 células cuadradas, laminado con cristal y con marco de aluminio) con un coste de 188,35 €. Atendiendo a nuestros cálculos, se requerirán 100 paneles de esta marca comercial [59].

11.2 Baterías

- Cálculo del tamaño de la batería:

$$\text{Tamaño} = (AUT \times Ed) / (REND \times DESC)$$

Donde:

AUT (Autonomía – días sin brillo solar) = 2

Ed = consumo de energía en kWh = 73,33 kWh

REND (eficiencia de la batería) = 80%

DESC (descarga de la batería) = 50%

Se aplica la fórmula para este caso:

$$\text{Tamaño} = (2 \times 73,33) / (0,8 \times 0,5) = 586,6 \text{ kWh} = 586640 \text{ Wh}$$

- Elección del voltaje de la batería solar

12 V si la potencia es menor que 1.500 W

24 V o 48 V si la potencia esta entre 1.500 y 5.000 W

48 V o 120 V si la potencia es mayor de 5.000 W o 5 kW

Escogeremos 48 V ya que nuestro consumo es de 9166,33 W.

La unidad de capacidad de las baterías comerciales se mide en Amperios-hora, por lo tanto, se divide el valor del tamaño calculado anteriormente por el voltaje y se obtiene como se puede ver a continuación:

$$586640 \text{ Wh} / 48\text{V} = 12221,67 \text{ Ah}$$

- Número de baterías necesarias:

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = \text{tamaño} / (\text{Ah} \times \text{V})$$

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = 586640 / (260 \times 48) = 47,01 \text{ } \langle \rangle 47 \text{ Baterías}$$

Se escogen baterías de más de 200 Ah de capacidad ya que teóricamente necesitamos que el acumulador tenga una capacidad mayor [43].

Se ha realizado un estudio de las ofertas existentes en el mercado que cumpla con dichas condiciones, y se ha escogido la batería del modelo Formula Star 48V 260 Ah con un coste de 883,64 € [60].

11.3 Inversor y regulador de carga

La potencia del inversor de CC/AC la tendremos que elegir en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicado por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos (normalmente valores que van de 0,5-0,7). En nuestro caso la potencia total estimada es de 9166,33 W.

$$Potencia\ inversor = 9166,33 \times 0,7 = 6416,43\ W$$

Así pues, con un inversor de 6416,43 W sería suficiente para este caso. Aunque habrá casos en los que no será necesario su uso porque los equipos que se emplean funcionan con corriente continua.

Los reguladores de carga vienen determinados por la intensidad máxima de trabajo y por el voltaje en que hayamos diseñado nuestra instalación, en este caso el voltaje es de 48 V [44].

El inversor seleccionado para el caso de la planta industrial es el modelo Inversor cargador multiconexión 7000W 48V Studer XTH 8000-48, con un coste de 5669,05 € [61].

El regulador de carga seleccionado después de realizar varias comparaciones disponibles en el mercado y que se adapten a las condiciones es el modelo Leo10 35A 48V, con un coste total de 231,29 € [62].

11.4 Coste de inversión

A continuación, se hace una estimación del coste de inversión para el caso del escalado industrial, este coste puede variar según a marca escogida de cada producto.

Componentes	Coste (€)
Módulo fotovoltaico policristalino Munchen 250 Wp (x100)	18.835,00
Baterías del modelo Formula Star 48V 260 Ah (x47)	41.531,08
Inversor cargador multiconexión 7000W 48V Studer XTH 8000-48	5.669,05
Regulador de carga Leo10 35A 48V	231,29
Coste total	66.266,42

Tabla 8 Tabla del coste de inversión para el escalado industrial

12. Conclusiones

- ✓ El principal objetivo de la propuesta de intervención era lograr la eficiencia energética del sistema, de este modo contribuir con los principios de sostenibilidad energética, donde las capacitaciones técnicas en los temas de energías renovables sirvan como herramientas para difundir este tipo de energías a nivel nacional, así como también incitar a la comunidad a desarrollar el proyecto en conjunto.

- ✓ La idea básica del uso de la energía fotovoltaica no debe ser únicamente obtener rentabilidad económica, sino la contribución a la mejor del medio ambiente y reducir la dependencia energética.

- ✓ En general, en esta propuesta no se espera obtener grandes beneficios, sino cubrir gastos y utilizar los recursos solares sin coste.

- ✓ Se entiende que la sostenibilidad se basa en tres procesos básicos; procesos que consumen menos energía, que aporten energía por medio de energías alternativas y que busquen la rentabilidad de los residuos. En el presente proyecto, el segundo y tercer proceso están siendo aplicados, y cabe destacar la completa sustitución de la energía eléctrica por la energía solar considerada favorable en el ámbito medioambiental.

13. Anexos

13.1 Representaciones gráficas de la planta piloto

13.1.1 Plano de la planta solar

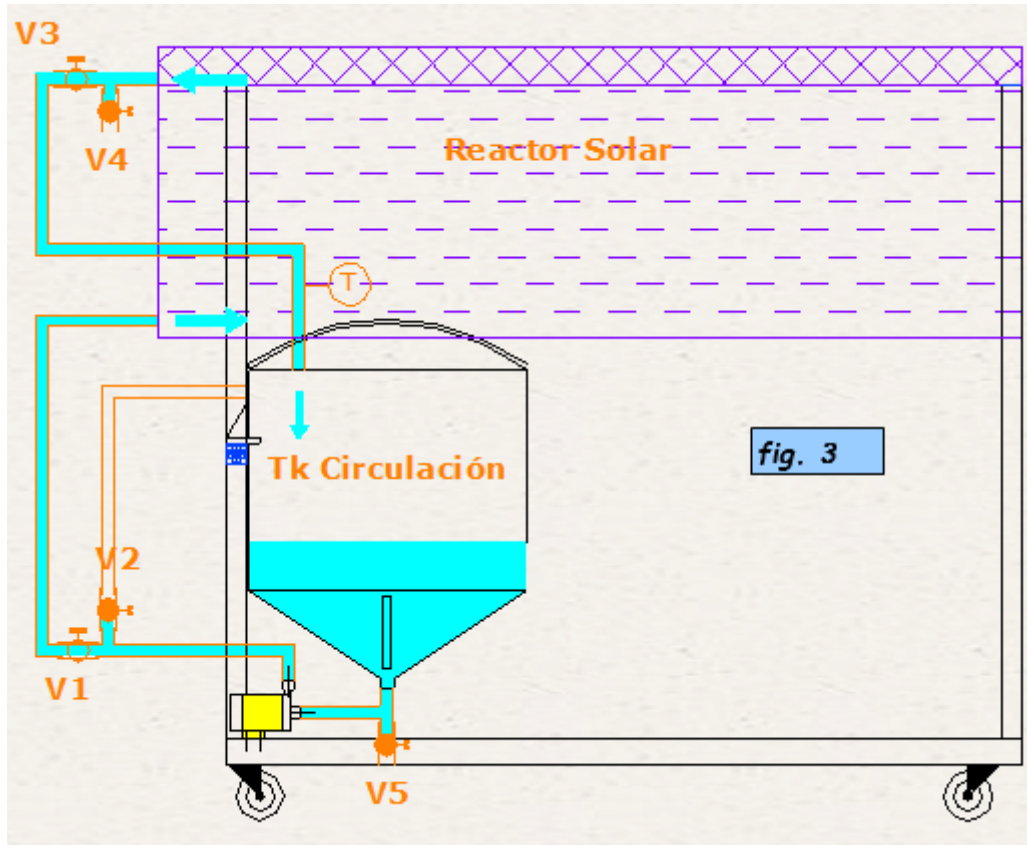


Figura 28 Esquema de funcionamiento de la planta piloto

13.1.2 Esquema eléctrico de la planta solar

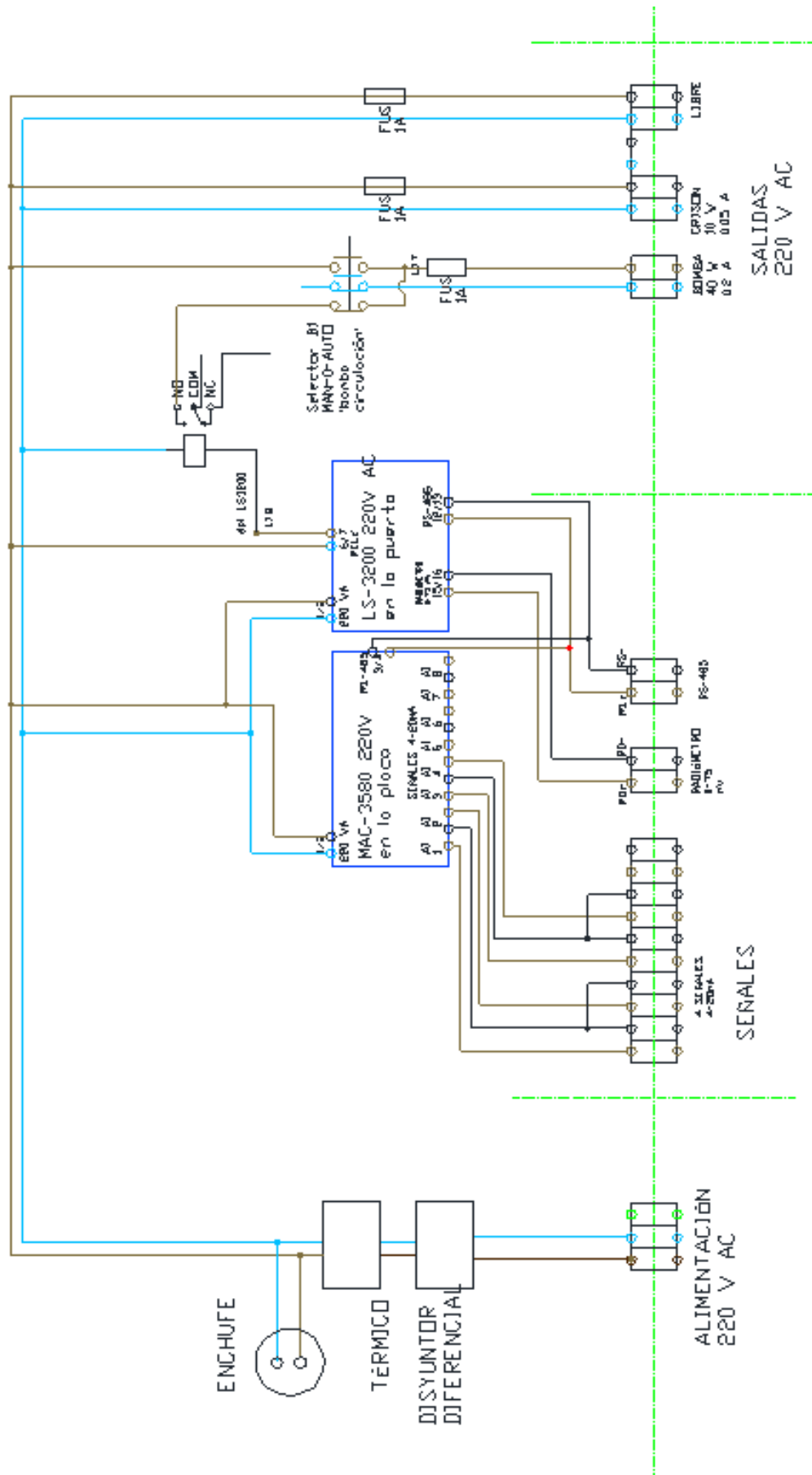


Figura 29 Esquema eléctrico de la planta

14. Referencias bibliográficas

- [1] Barceló, D., & López, M. J. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Jornadas de presentación de resultados: el estado ecológico de las masas de agua. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas, Sevilla.
- [2] De la Cruz González, N. (2013). Estudio de la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante Procesos de Oxidación Avanzados.
- [3] Kounina, A., Margni, M., Bayart, J. B., Boulay, A. M., Berger, M., Bulle, C., ... & Núñez, M. (2013). Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3), 707-721.
- [4] Echarri, L. (2007). Contaminación del agua. Población, Ecología y Ambiente, Universidad de Navarra, Madrid-España, 11-20.
- [5] Grover, K., Shukla, M., Singh, S., & Deb, S. (2017). Vol. 11, Núm. 2 (2013). *Ciencia en la frontera*, 11(2).
- [6] Nascimento, L. X., Trindade Araújo, R., & Giraldez Alvarez, L. D. (2015). Contaminantes Orgánicos Emergentes: Impactos y Soluciones para la Salud Humana y el Medio Ambiente. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (24), 28-34.
- [7] Arnáiz, C., Medialdea, J. M., & Díaz, E. (2005). Tratamientos químicos de aguas residuales. *Residuos*, (83), 108-117.
- [8] Ramalho, R. S., Beltrán, D. J., & de Lora, F. (1990). Tratamiento de aguas residuales. *Reverté*.
- [9] Blanco, G. J. (2005). Reactor Solar Fotocatalítico: Estado del arte. Argentina <http://www.everde.cl/2011/02/reactor-solar-que-produce-hidrogeno.html>.
- [10] Garcés Giraldo, L. F., Franco, M., Alejandro, E., & Santamaría Arango, J. J. (2012). La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales.
- [11] Vázquez, J. C., Rodríguez, S. M., & Alba, A. R. F. (2003). Evaluación analítica y optimización de procesos de oxidación avanzada en planta piloto solar. CIEMAT.
- [12] Legrini, O., Oliveros, E., & Braun, A. M. (1993). Photochemical processes for water treatment. *Chemical reviews*, 93(2), 671-698.
- [13] Amat, A. M., Arques, A., García-Ripoll, A., Santos-Juanes, L., Vicente, R., Oller, I., & Malato, S. (2009). A reliable monitoring of the biocompatibility of an effluent along an oxidative pre-treatment by sequential bioassays and chemical analyses. *Water research*, 43(3), 784-792.
- [14] Blanco, G. J. (2005). Reactor Solar Fotocatalítico: Estado del arte. Argentina <http://www.everde.cl/2011/02/reactor-solar-que-produce-hidrogeno.html>.

- [15] Herrmann, J. M. (2010). Photocatalysis fundamentals revisited to avoid several misconceptions. *Applied Catalysis B: Environmental*, 99(3), 461-468.
- [16] Carbajo Olleros, J. (2013). Aplicación de la fotocatalisis solar a la degradación de contaminantes orgánicos con catalizadores nanoestructurados de TiO₂.
- [17] Bertero, M. P. (2012). Procesamiento catalítico de bio-oils para su uso como fuente energética y de materias primas (Doctoral dissertation).
- [18] Malato, S., Blanco, J., Vidal, A., & Richter, C. (2002). Photocatalysis with solar energy at a pilot-plant scale: an overview. *Applied Catalysis B: Environmental*, 37(1), 1-15.
- [19] García, A. B. (2012). Aplicación de fotocatalisis solar a ph neutro para la eliminación de contaminantes químicos y biológicos (Doctoral dissertation).
- [20] de Almería, P. S. (2005). Aplicación de la energía solar ultravioleta al tratamiento de la contaminación por compuestos no biodegradables. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- [21] Gálvez, J. B. (2002). Desarrollo de colectores solares sin concentración para aplicaciones fotoquímicas de degradación de contaminantes persistentes en agua (Doctoral dissertation, Universidad de Almería).
- [22] Vázquez, J. C., Rodríguez, S. M., & Alba, A. R. F. (2003). Evaluación analítica y optimización de procesos de oxidación avanzada en planta piloto solar. CIEMAT.
- [23] García, F. F. (2006). Síntesis, caracterización y actividad fotocatalítica de TiO₂ nanocristalino dopado con Sn (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Madrid).
- [24] Mehos, M., & Turchi, C. (1992, September). The solar detoxification field experiment: a pilot-scale investigation of the solar detoxification technology. In *Proceedings of 6th International Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies*, CIEMAT, Madrid (pp. 1107-1122).
- [25] Hidalgo Solano, A. (2013). Modelo de mejora de la eficiencia energética de una planta de tratamiento de aguas residuales de mediana entidad. Aplicación a la planta "Residencial Los Geranios". La Unión, Costa Rica (Doctoral dissertation, Universidad Internacional de Andalucía).
- [26] Dillert, R., Cassano, A. E., Goslich, R., & Bahnemann, D. (1999). Large scale studies in solar catalytic wastewater treatment. *Catalysis today*, 54(2), 267-282.
- [27] Márquez Lona, H. M., & Tiscareño Lechuga, F. (1999). La fotooxidación en el tratamiento de aguas residuales. *Ingeniería química*, 31(358), 101-108.
- [28] Alfano, O. M., Bahnemann, D., Cassano, A. E., Dillert, R., & Goslich, R. (2000). Photocatalysis in water environments using artificial and solar light. *Catalysis today*, 58(2), 199-230.

- [29] Espejo Marín, C. (2004). La energía solar fotovoltaica en España.
- [30] Feitz, A. J., Boyden, B. H., & Waite, T. D. (2000). Evaluation of two solar pilot scale fixed-bed photocatalytic reactors. *Water research*, 34(16), 3927-3932.
- [31] Gálvez, J. B., Rodríguez, S. M., Peral, J., Sánchez, B., & Cardona, A. I. (2001). Diseño de reactores para fotocátalisis: evaluación comparativa de las distintas opciones. Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea.
- [32] Mueses, M. Á., Colina-Márquez, J., & Machuca-Martínez, F. (2008). Degradación fotocatalítica de ácido dicloroacético al aplicar un campo de radiación de baja energía. *Ingeniería y Desarrollo*, (24).
- [33] May, E. K., Gee, R., Wickham, D. T., Laura, A. L., & Wright, J. D. (1991). Design and Fabrication of Prototype Solar Receiver/Reactors for the Solar Detoxification of Contaminated Water. NREL Report. Industrial Solar Technology Corp. Golden, Colorado.
- [34] María, F. E. R., Martín, H. H., Raul, P. D. C. M., Juan, B. M., Jaime, J. B., Oiveros, H. B. O., ... & Martín, L. H. Diseño de Micro-reactores y Prototipos Fotocatalíticos Solares.
- [35] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/35792/ARTICULO%20DOCENTE%20CE3X%201.pdf?sequence=1>
- [36] Geológicos en España. "Reducción de riesgos geológicos en España"
<http://es-es.topographic-map.com/places/Alcoy-624704/>
- [37] <https://es.climate-data.org/location/56855/>
- [38] J. B. Galvez, S. Malato. Tecnología de fotocátalisis solar (1996).
- [39] <http://www.censolar.es/menu10.htm>
- [40] https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=180129&lat=38.346&hgt=100&submit=Submit&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&p=grid_id&p=avg_dnr&step=2&lon=-0.485
- [41] Manual del usuario
- [42] <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/acetamiprid.pdf>
- [43] Proyecto del diseño de un Sistema fotovoltaico:
http://www.electricidad-gratuita.com/Proyecto_Disenio_SistemaFotovoltaico.pdf
- [44] Vargas Bautista, J. P., Yampasi Espejo, P., Tirado Villarroel, X., & Patzi, A. (2016). Implementación de un sistema de calefacción solar térmico: análisis energético y económico. *Investigación & Desarrollo*, 1(16), 49-60.
Manual:http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/judith/UNIDAD%203_solar%20sfv.pdf
- [45] Aparicio, M. P. (2010). *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada*. Marcombo.
- [46] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>

- [47] <http://www.teknosolar.com/placa-solar-150wp-scl-150p1>
- [48] <http://efitron.com/placas-solares/panel-solar-techno-sun-de-150-wp-12v-monocristalino.html>
- [49] <http://www.aquitosolar.cl/paneles-fotovoltaicos/209-PVPP150SW.html>
- [50] <http://efitron.com/placas-solares/placa-solar-fotovoltaica-policristalina-12v150-wp-solarworld.html>
- [51] <https://www.supertiendasolar.es/solaronline/eshop/1-1-ENERGIA-SOLAR-FOTOVOLTAICA/1-2-PLACAS-SOLARES-FOTOVOLTAICAS/5/647-PLACA-SOLAR-FOTOVOLTAICA-WAAREE-150Wp-12V>
- [52] <https://autosolar.es/reguladores-de-carga-pwm/regulador-carga-15a-minov2-atersa>
- [53] https://www.puntoenergiashop.it/es/inversor-off-grid/2655-inversore-200w-12v-250va-victron-energy-phoenix-vedirect-schuko-12250-8380000001729.html?utm_campaign=merchantcenter&utm_source=google&utm_medium=ads&gclid=CN_Pu6iBotQCFcIK0wodBAIArQ
- [54] https://www.damiasolar.com/productos/bateria_solar/bateria-solar-blackbull-gel-100ah-12v_da1528_38
- [55] <http://supermercadosolar.es/461-bater%C3%ADa-power-sun-marca-tab-solar-12v100ah-c100.html>
- [56] <https://autosolar.es/baterias-agm/bateria-agm-100ah-12v-ritar>
- [57] <https://www.merkasol.com/Bateria-Gel-100ah-12v>
- [58] [Formación, E. \(2007\). Energía solar fotovoltaica. FC Editorial.](#)
- [59] <https://www.cambioenergetico.com/paneles-solares/2254-placa-solar-policristalina-munchen-250-wp.html>
- [60] <https://autosolar.es/bateria-48v/bateria-48v-260ah-formula-star>
- [61] <https://tienda-solar.es/es/inversores-solares/instalacion-aislada/cargador/inversores-cargadores-48v-230v/inversor-cargador-multiconexion-7000w-48v-studer-xth-8000-48.html>
- [62] <https://autosolar.es/reguladores-de-carga-pwm/regulador-carga-leo10-35a-48v>

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de los caminos principales a través de los cuales el crecimiento demográfico y económico afectan al ciclo del agua.	6
Figura 2 Diagrama energético de un semiconductor durante el proceso de fotoexcitación	14
Figura 3 Diagrama de la energía de la banda de valencia (BV) y conducción (BC) durante el proceso de excitación de un semiconductor bajo irradiación	15
Figura 4 Esquema de CCP con seguimiento en un eje (izquierda) y foto de un CCP con seguimiento en dos ejes	21
Figura 5 Concentración holográfica de la luz solar. dos posibilidades, si tiene lugar en la misma dirección que la fuente de luz (A) o en la opuesta (B).....	22
Figura 6 Izquierda: captador solar estático de placa inclinada con catalizador (TiO_2) soportado para aplicaciones fotocatalíticas (Plataforma Solar de Almería). Derecha: prototipo de captador tubular (National Renewable Energy Laboratory, USA).....	23
Figura 7 Reflexión CPC.....	24
Figura 8 Topografía de Alcoy	28
Figura 9 Climograma de Alcoy.....	29
Figura 10 Diagrama de temperatura de Alcoy	30
Figura 11 Tabla climática / Datos históricos del tiempo en Alcoy Error! Marcador no definido.	
Figura 12 Dimensionamiento de los tubos Pyrex del reactor	32
Figura 13 Tarjeta MAC-580.....	34
Figura 14 Tarjeta RS485/USB	35
Figura 15 MULTIMETER 44	35
Figura 16 Módulo fotovoltaico policristalino 150W 12V 36 células SCL-150P1	46
Figura 17 Techno Sun de 150 Wp 12V monocristalino	47
Figura 18 Panel solar fotovoltaico policristalino 150W	48
Figura 19 Placa solar fotovoltaica policristalina 12V/150 Wp Solarworld	49
Figura 20 Módulo solar waaree 150wp 12v.....	50
Figura 21 Regulador Carga 15A minoV2 ATERSA	51

Figura 22 Conexión regulador-batería	51
Figura 23 Conexión panel-regulador	52
Figura 24 Inversore 200W 12V 250VA Victron Energy Phoenix VE.Direct Schuko 12/250	53
Figura 25 Conexión panel-regulador.....	52
Figura 26 Inversore 200W 12V 250VA Victron Energy Phoenix VE.Direct Schuko 12/250.....	53
Figura 27 Esquema representativo de la instalación fotovoltaica conectada al reactor.....	58
Figura 28 Esquema de funcionamiento de la planta piloto.....	63
Figura 29 Esquema eléctrico de la planta.....	64

Índice de tablas

Tabla 1 Tabla climática / Datos históricos del tiempo en Alcoy	30
Tabla 2 Radiación solar directa de Alcoy para cada mes	31
Tabla 3 Insolación de Alcoy para cada mes.....	31
Tabla 4 Radiación solar incidente en Alcoy.....	41
Tabla 5 Inclinación de los paneles.....	45
Tabla 6 Tabla de posibles batrías solares del mercado.....	55
Tabla 7 Tabla del coste de la instalación fotovoltaica.....	59
Tabla 8 Tabla del coste de inversión para el escalado industrial.....	62

Glosario de unidades

Amperio

Es la unidad de medida de intensidad de corriente eléctrica. La electricidad se mide en amperios. Es la intensidad de una corriente constante mantenida en dos cables conductores paralelos, rectilíneos, y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío. Equivale a un culombio por segundo.

Amperio-hora

Es una unidad de carga eléctrica y se abrevia como Ah. Indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales de una batería, si ésta proporciona una corriente eléctrica de 1 amperio durante 1 hora.

Kilovatio

(kW) Es un múltiplo de la unidad de medida de potencia eléctrica. 1 kilovatio son 1000 vatios.

Kilovatios-hora

(kWh) Es la potencia media consumida durante una hora. Sirve como unidad de registro de consumo de energía. Equivale al consumo de un aparato de 1.000W de potencia durante una hora.

Consumo

Número de kilovatios/hora utilizados por un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

Corriente Eléctrica

Es el flujo de electricidad que pasa por un material conductor; siendo su unidad de medida el amperio. Se representa por la letra I.

Corriente Eléctrica Alterna

El flujo de corriente en un circuito que varía periódicamente de sentido. Se le denota como corriente A.C. (Altern current) o C.A. (Corriente alterna).

Corriente Eléctrica Continua

El flujo de corriente en un circuito producido siempre en una dirección. Se le denota como corriente D.C. (Direct current) o C.C. (Corriente continua).

Energía renovable

Las fuentes de energía renovable son aquellas que se obtienen de productos que no terminan, como el sol, el viento, la hidráulica y la biomasa.

Energía solar

Energía que proviene del sol y se transforma en electricidad mediante el efecto del calor del sol en una placa solar, produciendo la fusión de los núcleos atómicos de

hidrógeno. Se usa principalmente mediante una batería que se carga durante el día, en instalaciones domésticas o iluminación exterior.

Gigawatio

Múltiplo de la potencia activa, equivalente a mil millones de Watios Su símbolo es GW.

Kilovatio

(kW) Es un múltiplo de la unidad de medida de potencia eléctrica. 1 kilovatio son 1000 vatios.

Kilovatios hora

(kWh) Es la potencia media consumida durante una hora. Sirve como unidad de registro de consumo de energía. Equivale al consumo de un aparato de 1.000W de potencia durante una hora.

Panel solar

Sistema de captación de la radiación solar.

Potencia

Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watio (W) o kilowatio (kW).

Tensión

Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Voltios, y se la suele llamar "voltaje". La tensión de suministro habitual de los hogares es de 220v.

Vatios-hora

(Wh) Watt es una unidad de energía o trabajo. Mide el trabajo producido en una hora.

Voltio

Unidad de fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a moverse a través de un conductor. Su nombre, voltio, se debe al físico italiano, Alejandro Volta quien descubrió que las reacciones químicas originadas en dos placas de zinc y cobre sumergidas en ácido sulfúrico originaban una fuerza suficiente para producir cargas eléctricas.

Watt

(W)Watt es la unidad de potencia o trabajo.

Watio

(W) Es la unidad de potencia de un elemento receptor de energía (por ejemplo una radio, un televisor). Mide la energía consumida por un elemento y se obtiene de multiplicar voltaje por corriente.