

MASTER EN GESTIÓN PORTUARIA Y TRANSPORTE INTERMODAL.

Estudio de Energías Alternativas en los Puertos

Aplicación práctica: Puerto de Valencia

Profesor: Federico Torres Monfort

Alumno: Jaime de la Cuesta Paredes

Fecha: diciembre de 2017

INTRODUCCION

La gestión energética en los puertos ha sido desde mediados del siglo XX piedra angular del desarrollo de los mismos. La revolución industrial en el desarrollo de los trabajos portuarios ha puesto de manifiesto que, sin capacidad eléctrica para poder abastecer la diversidad de maquinarias necesarias en el desarrollo de los servicios logísticos comprendidos en la actividad portuaria, no existe posibilidad de desarrollo de los puertos, motivo por el que una buena planificación y gestión energética llega a diferenciar unos puertos de otros.

El motivo de este trabajo de fin de master es el estudio de energías alternativas para el desarrollo de las necesidades energéticas de un puerto como el de Valencia. Iniciaremos haciendo un breve desarrollo de las distintas fuentes de energía renovable y terminaremos profundizando en el caso concreto de la Autoridad Portuaria de Valencia, más concretamente en el estudio de una Instalación Fotovoltaica en el Muelle de Cruceros.

INDICE

I. ENERGÍAS RENOVABLES.....	5
I.1. ENERGÍA ALTERNATIVA.....	5
I.1.1. Clasificación.....	7
I.1.2. Evolución histórica.....	9
I.1.3. Las fuentes de energía.....	9
I.1.4. Polémicas.....	17
I.1.5. Impacto ambiental.....	18
I.1.6. Ventajas e inconvenientes de la energía renovable.....	20
I.1.7. Las fuentes de energía renovables en la actualidad.....	24
I.1.8. Producción de energía y autoconsumo.....	25
2. EL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS PUERTOS.....	27
2.1. ENERGÍA EÓLICA OFFSHORE.....	28
2.2. ENERGÍA DE LAS CORRIENTES MARINAS.....	32
2.2.1. Primero.....	34
2.2.2. Segundo.....	34
2.2.3. Tercero.....	35
2.3. ENERGÍA DE LAS OLAS (UNDIMOTRIZ).....	36
2.4. ENERGÍA MAREOMOTRIZ.....	39
2.5. CONVERSIÓN ENERGÉTICA DEL GRADIENTE TÉRMICO OCEÁNICO. PLANTAS OTEC.....	40
2.6. GRADIENTE SALINO.....	42
2.7. EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA TECNOLÓGICA A CORTO Y MEDIO PLAZO.....	43
2.7.1. Tipos de estructuras.....	45
2.7.2. Tipos de buques.....	45
2.7.3. Puertos.....	47
3. SOLUCIONES DE ENERGIAS RENOVABLES A PLANTEAR EN EL SISTEMA PORTUARIO.....	50
3.1. MAREAS.....	50
3.2. IDENTIFICACIÓN DE PUERTOS POR SU ALTURA DE MAREAS.....	52
3.2.1. Medio ambiente Portuario.....	55
3.3. CONCEPTO DE MINIHIDRAÚLICA.....	56
3.4. SOLUCION DE MINIHIDRAULICA GENERAL.....	57
4. ANALISIS DEL CASO PARTICULAR DEL PUERTO DE VALENCIA.....	59
4.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN CRUCEROS I Y II.....	59
4.1.1. Ubicación.....	59
4.2. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR.....	61
4.2.1. Introducción.....	61
4.2.2. Tecnología solar fotovoltaica.....	63
4.2.3. Dispositivos de almacenamiento de la Energía Solar.....	64
4.2.4. Tipos de aplicaciones.....	66
4.3. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL MUNDO.....	66

4.3.1. Situación en España	66
4.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	70
4.4.1. Energía producida por la instalación fotovoltaica	70
4.4.2. Superficie disponible y potencia a instalar.	70
4.4.3. Producción estimada de la instalación	71
4.4.4. Dimensionado de la instalación fotovoltaica	73
4.4.5. Resumen de componentes.....	75
4.4.6. Conclusiones y estudio económico de la planta solar fotovoltaica:.....	76
4.5. DESCRIPCIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS.....	76
4.6. ENERGIA EOLICA EN EL PUERTO DE VALENCIA.....	79
4.6.1. Objeto.....	79
4.6.2. Criterios de diseño	79
4.7. MARCO REGULATORIO	80
4.7.1. Real decreto 436/2004.....	81
4.7.2. Real decreto 1663/2000.....	81
4.7.3. Resolución del 31 de Mayo de 2002 de la Dirección General de Política Energética y Minas.	81
4.7.4. Real decreto 841/2002.....	81
4.7.5. Real decreto 1699/2011.....	82
4.8. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	83
5. CONCLUSION	85

1. ENERGÍAS RENOVABLES

En este primer apartado es necesario hacer una introducción a la energía renovable, que es y qué tipos existen, para posteriormente poder analizar casos concretos. Entendemos por energía renovable¹, a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, undimotriz, la biomasa y los biocarburantes.

1.1. ENERGÍA ALTERNATIVA

Un concepto similar, pero no idéntico es el de las energías alternativas: una energía alternativa, o más precisamente una fuente de energía alternativa es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de crisis energética aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan o se encarecen drásticamente. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: éstas serían las energías alternativas.

Por otra parte, el empleo de las fuentes de energía actuales tales como el petróleo, gas natural o carbón acarrea consigo problemas como la progresiva contaminación, o el aumento de los gases invernadero.

¹ < https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable >

La discusión energía alternativa/convencional no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo.

De hecho, el concepto «energía alternativa», es un poco anticuado. Nació hacia los años 70 del pasado siglo, cuando empezó a tenerse en cuenta la posibilidad de que las energías tradicionalmente usadas, energías de procedencia fósil, se agotasen en un plazo más o menos corto (idea especialmente extendida a partir de la publicación, en 1972, del informe al Club de Roma, Los límites del crecimiento) y era necesario encontrar alternativas más duraderas. Actualmente ya no se puede decir que sean una posibilidad alternativa: son una realidad y el uso de estas energías, por entonces casi quiméricas, se extiende por todo el mundo y forman parte de los medios de generación de energía normales.

Aun así, es importante reseñar que las energías alternativas, aun siendo renovables, son limitadas y, como cualquier otro recurso natural tienen un potencial máximo de explotación, lo que no quiere decir que se puedan agotar. Por tanto, incluso aunque se pueda realizar una transición a estas nuevas energías de forma suave y gradual, tampoco van a permitir continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento perpetuo. Por ello ha surgido el concepto de Desarrollo sostenible. Dicho modelo se basa en las siguientes premisas:

El uso de fuentes de energía renovable, ya que las fuentes fósiles actualmente explotadas terminarán agotándose, según los pronósticos actuales, en el transcurso de este siglo XXI. De hecho la crisis del petróleo (1973 y 1979): comenzó cuando la organización de países exportadores de petróleo (OPEP), decidió no vender más petróleo a aquellos países que apoyaron a Israel en la Guerra de Yom Kippur, esta medida afectaba a Estados Unidos y sus aliados en Europa.

Esto provocó un fuerte efecto inflacionista en los países industrializados, debido a la gran dependencia de éstos al petróleo de la OPEP, lo cual obligó a tomar ciertas medidas que redujeran esa dependencia.

Esto derivó en la necesidad de encontrar elementos alternativos al petróleo, para abastecer de energía eléctrica a la población. Por ejemplo, el uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y la fisión nuclear.

La explotación extensiva de las fuentes de energía, proponiéndose como alternativa el fomento del autoconsumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.

La disminución de la demanda energética, mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos (electrodomésticos, lámparas, etc.)

Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata solo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos, es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y condena del despilfarro.

1.1.1. Clasificación

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes. Entre las primeras:

- La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: energía azul.
- El viento: energía eólica.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica o hidroeléctrica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El Sol: energía solar.
- Las olas: energía undimotriz.

Las contaminantes se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), bien convertida en bioetanol o biogás mediante procesos de fermentación orgánica o en biodiesel, mediante reacciones de transesterificación y de los residuos urbanos.

Las energías de fuentes renovables contaminantes tienen el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas. Se encuadran dentro de las energías renovables porque mientras puedan cultivarse los vegetales que las producen, no se agotarán. También se consideran más limpias que sus equivalentes fósiles, porque teóricamente el dióxido de carbono emitido en la combustión ha sido previamente absorbido al transformarse en materia orgánica mediante fotosíntesis. En realidad, no es equivalente la cantidad absorbida previamente con la emitida en la combustión, porque en los procesos de siembra, recolección, tratamiento y transformación, también se consume energía, con sus correspondientes emisiones.

Además, se puede atrapar gran parte de las emisiones de CO₂ para alimentar cultivos de microalgas/ciertas bacterias y levaduras (potencial fuente de fertilizantes y piensos, sal (en el caso de las microalgas de agua salobre o salada) y biodiesel/etanol respectivamente, y medio para la eliminación de hidrocarburos y dioxinas en el caso de las bacterias y levaduras (proteínas petrolíferas) y el problema de las partículas se resuelve con la gasificación y la combustión completa (combustión a muy altas temperaturas, en una atmósfera muy rica en O₂) en combinación con medios descontaminantes de las emisiones como los filtros y precipitadores de partículas (como el precipitador Cottrel), o como las superficies de carbón activado.

También se puede obtener energía a partir de los residuos sólidos urbanos y de los lodos de las centrales depuradoras y potabilizadoras de agua. Energía que también es contaminante, pero que también lo sería en gran medida si no

se aprovechase, pues los procesos de pudrición de la materia orgánica se realizan con emisión de gas natural y de dióxido de carbono.

1.1.2. Evolución histórica

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol, son buenos ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor por James Watt, se van abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas y se utilizan cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en que el todavía relativamente escaso consumo, no hacía prever un agotamiento de las fuentes, ni otros problemas ambientales que más tarde se presentaron.

Hacia la década de años 1970 las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse.

1.1.3. Las fuentes de energía

Las fuentes de energía se pueden dividir en dos grandes subgrupos: permanentes (renovables) y temporales (no renovables).

A. No renovables

Los combustibles fósiles son recursos no renovables, cuyas reservas son limitadas y se agotan con el uso. En algún momento se acabarán, y serán necesarios millones de años para contar nuevamente con ellos. Las principales son los combustibles fósiles (el petróleo, el gas natural y el carbón) y, en cierto modo, la energía nuclear.

B. Energía fósil

Los combustibles fósiles se pueden utilizar en forma sólida (carbón), líquida (petróleo) o gaseosa (gas natural). Son acumulaciones de seres vivos que vivieron hace millones de años y que se han fosilizado formando carbón o hidrocarburos. En el caso del carbón se trata de bosques de zonas pantanosas, y en el caso del petróleo y el gas natural de grandes masas de plancton marino acumuladas en el fondo del mar. En ambos casos la materia orgánica se descompuso parcialmente por falta de oxígeno y acción de la temperatura, la presión y determinadas bacterias de forma que quedaron almacenadas moléculas con enlaces de alta energía.

La energía más utilizada en el mundo es la energía fósil. Si se considera todo lo que está en juego, es de suma importancia medir con exactitud las reservas de combustibles fósiles del planeta. Se distinguen las "reservas identificadas" aunque no estén explotadas, y las "reservas probables", que se podrían descubrir con las tecnologías futuras. Según los cálculos, el planeta puede suministrar energía durante 40 años más (si solo se utiliza el petróleo) y más de 200 (si se sigue utilizando el carbón). Hay alternativas actualmente en estudio: la energía de fusión nuclear —no renovable, pero con reservas inmensas de combustible—, las energías renovables o las pilas de hidrógeno.

C. Energía nuclear

El núcleo atómico de elementos pesados como el uranio, puede ser desintegrado (fisión nuclear) y liberar energía radiante y cinética. Las centrales termonucleares aprovechan esta energía para producir electricidad mediante turbinas de vapor de agua. Se obtiene "rompiendo" (fisionando) átomos de minerales radiactivos en reacciones en cadena que se producen en el interior de un reactor nuclear.

Una consecuencia de la actividad de producción de este tipo de energía, son los residuos nucleares, que pueden tardar miles de años en desaparecer, porque tardan ese tiempo en perder la radiactividad

Sin embargo, existe otra posibilidad de energía nuclear que, hasta el momento solo está en fase de investigación: la energía nuclear de fusión, que

consiste en unir (fundir) dos átomos de hidrógeno para obtener un átomo de helio, con producción de energía abundante. El combustible es en este caso hidrógeno, abundante en la tierra y el residuo helio, no radiactivo ni contaminante. De conseguirse un proceso para obtener esta energía, sería también una energía no contaminante.

D. Renovables o verdes

Energía verde es un término que describe la energía generada a partir de fuentes de energía primaria respetuosas con el medio ambiente. Las energías verdes son energías renovables que no contaminan, es decir, cuyo modo de obtención o uso no emite subproductos que puedan incidir negativamente en el medio ambiente.

Actualmente, están cobrando mayor importancia a causa del agravamiento del efecto invernadero y el consecuente calentamiento global, acompañado por una mayor toma de conciencia a nivel internacional con respecto a dicho problema. Asimismo, economías nacionales que no poseen o agotaron sus fuentes de energía tradicionales (como el petróleo o el gas) y necesitan adquirir esos recursos de otras economías, buscan evitar dicha dependencia energética, así como el negativo en su balanza comercial que esa adquisición representa.

E. Energía hidráulica

La energía potencial acumulada en los saltos de agua puede ser transformada en energía eléctrica. Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de los ríos para poner en funcionamiento unas turbinas que mueven un generador eléctrico. En España se utiliza esta energía para producir alrededor de un 15 % del total de la electricidad.

Uno de los recursos más importantes cuantitativamente en la estructura de las energías renovables es la procedente de las instalaciones hidroeléctricas; una fuente energética limpia y autóctona pero para la que se necesita construir las necesarias infraestructuras que permitan aprovechar el potencial disponible con un coste nulo de combustible. El problema de este tipo de energía es que depende de las condiciones climatológicas.

F. Energía solar térmica

Se trata de recoger la energía del sol a través de paneles solares y convertirla en calor el cual puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a hogares, hoteles, colegios o fábricas. También, se podrá conseguir refrigeración durante las épocas cálidas. En agricultura se pueden conseguir otro tipo de aplicaciones como invernaderos solares que favorecieran las mejoras de las cosechas en calidad y cantidad, los secaderos agrícolas que consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible. Con este tipo de energía se podría reducir más del 25 % del consumo de energía convencional en viviendas de nueva construcción con la consiguiente reducción de quema de combustibles fósiles y deterioro ambiental. La obtención de agua caliente supone en torno al 28 % del consumo de energía en las viviendas y que éstas, a su vez, demandan algo más del 12 % de la energía en España.

G. Biomasa

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis vegetal que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua de productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal, liberando de nuevo el dióxido de carbono almacenado.

H. Energía solar

La energía solar es una fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la Tierra. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede

transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares.

Mediante colectores solares, la energía solar puede transformarse en energía térmica, y utilizando paneles fotovoltaicos la energía lumínica puede transformarse en energía eléctrica. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí en cuanto a su tecnología. Así mismo, en las centrales térmicas solares se utiliza la energía térmica de los colectores solares para generar electricidad.

Se distinguen dos componentes en la radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones. Sin embargo, tanto la radiación directa como la radiación difusa son aprovechables.

Se puede diferenciar entre receptores activos y pasivos en que los primeros utilizan mecanismos para orientar el sistema receptor hacia el Sol - llamados seguidores- y captar mejor la radiación directa.

Una importante ventaja de la energía solar es que permite la generación de energía en el mismo lugar de consumo mediante la integración arquitectónica en edificios. Así, podemos dar lugar a sistemas de generación distribuida en los que se eliminan casi por completo las pérdidas relacionadas con el transporte - que en la actualidad suponen aproximadamente el 40 % del total- y la dependencia energética.

Las diferentes tecnologías fotovoltaicas se adaptan para sacar el máximo rendimiento posible de la energía que recibimos del sol. De esta forma por ejemplo los sistemas de concentración solar fotovoltaica (CPV por sus siglas en inglés) utiliza la radiación directa con receptores activos para maximizar la producción de energía y conseguir así un coste menor por kWh producido. Esta

tecnología resulta muy eficiente para lugares de alta radiación solar, pero actualmente no puede competir en precio en localizaciones de baja radiación solar como Centro Europa, donde tecnologías como la célula solar de película fina (también llamada Thin Film) están consiguiendo reducir también el precio de la tecnología fotovoltaica tradicional a cotas nunca vistas.

1. Energía eólica

La energía eólica es la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire. Se obtiene mediante unas turbinas eólicas que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica por medio de aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado, a través de una serie engranajes (la transmisión) a un generador eléctrico.

El término eólico viene del latín Aeolicus (griego antiguo Αἴολος / Aiolos), perteneciente o relativo a Éolo o Eolo, dios de los vientos en la mitología griega y, por tanto, perteneciente o relativo al viento. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. Es un tipo de energía verde.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (gradiente de presión). Por lo que puede decirse que la energía eólica es una forma no-directa de energía solar. Las diferentes temperaturas y presiones en la atmósfera, provocadas por la absorción de la radiación solar, son las que ponen al viento en movimiento.

Es una energía limpia y también la menos costosa de producir, lo que explica el fuerte entusiasmo por sus aplicaciones. De entre todas ellas, la más extendida, y la que cuenta con un mayor crecimiento es la de los parques eólicos para producción eléctrica.

Un parque eólico es la instalación integrada de un conjunto de aerogeneradores interconectados eléctricamente. Los aerogeneradores son los

elementos claves de la instalación de los parques eólicos que, básicamente, son una evolución de los tradicionales molinos de viento. Como tales son máquinas rotativas que suelen tener tres aspas, de unos 20-25 metros, unidas a un eje. El elemento de captación o rotor que está unido a este eje, capta la energía del viento. El movimiento de las aspas o paletas, accionadas por el viento, activa un generador eléctrico que convierte la energía mecánica de la rotación en energía eléctrica.

Estos aerogeneradores suelen medir unos 40-50 metros de altura dependiendo de la orografía del lugar, pero pueden ser incluso más altos. Este es uno de los grandes problemas que afecta a las poblaciones desde el punto de vista estético.

Los aerogeneradores pueden trabajar solos o en parques eólicos, sobre tierra formando las granjas eólicas, sobre la costa del mar o incluso pueden ser instalados sobre las aguas a cierta distancia de la costa en lo que se llama granja eólica marina, la cual está generando grandes conflictos en todas aquellas costas en las que se pretende construir parques eólicos.

El gran beneficio medioambiental que proporciona el aprovechamiento del viento para la generación de energía eléctrica viene dado, en primer lugar, por los niveles de emisiones gaseosas evitados, en comparación con los producidos en centrales térmicas. En definitiva, contribuye a la estabilidad climática del planeta. Un desarrollo importante de la energía eléctrica de origen eólico puede ser, por tanto, una de las medidas más eficaces para evitar el efecto invernadero ya que, a nivel mundial, se considera que el sector eléctrico es responsable del 29 % de las emisiones de CO₂ del planeta.

Como energía limpia que es, contribuye a minimizar el calentamiento global. Centrándose en las ventajas sociales y económicas que nos incumben de una manera mucho más directa, son mayores que los beneficios que aportan las energías convencionales. El desarrollo de este tipo de energía puede reforzar la competitividad general de la industria y tener efectos positivos y tangibles en el desarrollo regional, la cohesión económica y social y el empleo.

Hay quienes consideran que la eólica no supone una alternativa a las fuentes de energía actuales, ya que no genera energía constantemente cuando no sopla el viento. Es la intermitencia uno de sus principales inconvenientes. El impacto en detrimento de la calidad del paisaje, los efectos sobre la avifauna y el ruido, suelen ser los efectos negativos que generalmente se citan como inconvenientes medioambientales de los parques eólicos.

Con respecto a los efectos sobre la avifauna el impacto de los aerogeneradores no es tan importante como pudiera parecer en un principio.² Otro de los mayores inconvenientes es el efecto pantalla que limita de manera notable la visibilidad y posibilidades de control que constituye la razón de ser de sus respectivos emplazamientos, consecuencia de la alineación de los aerogeneradores. A las limitaciones visuales se añaden las previsibles interferencias electromagnéticas en los sistemas de comunicación.

J. Energía geotérmica

La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra.

Parte del calor interno de la Tierra (5.000 °C) llega a la corteza terrestre. En algunas zonas del planeta, cerca de la superficie, las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición, y, por tanto, servir para accionar turbinas eléctricas o para calentar.

El calor del interior de la Tierra se debe a varios factores, entre los que destacan el gradiente geotérmico y el calor radiogénico. Geotérmico viene del griego geo, "Tierra"; y de thermos, "calor"; literalmente calor de la Tierra.

K. Energía mareomotriz

La energía marina o energía de los mares (también denominada a veces energía de los océanos o energía oceánica) se refiere a la energía renovable producida por las olas del mar, las mareas, la salinidad y las diferencias de temperatura del océano. El movimiento del agua en los océanos del mundo crea un vasto almacén de energía cinética o energía en movimiento. Esta energía se

puede aprovechar para generar electricidad que alimente las casas, el transporte y la industria. Los principales tipos son:

- Energía de las olas, olamotriz o undimotriz.
- Energía de las mareas o energía mareomotriz.
- Energía de las corrientes: consiste en el aprovechamiento de la energía cinética contenida en las corrientes marinas. El proceso de captación se basa en convertidores de energía cinética similares a los aerogeneradores empleando en este caso instalaciones submarinas para corrientes de agua.
- Maremotérmica: se fundamenta en el aprovechamiento de la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie del mar y las aguas profundas. El aprovechamiento de este tipo de energía requiere que el gradiente térmico sea de al menos 20°. Las plantas maremotérmicas transforman la energía térmica en energía eléctrica utilizando el ciclo termodinámico denominado "ciclo de Rankine" para producir energía eléctrica cuyo foco caliente es el agua de la superficie del mar y el foco frío el agua de las profundidades.
- -Energía osmótica: es la energía de los gradientes de salinidad.

1.1.4. Polémicas

Existe cierta polémica sobre la inclusión de la incineración (dentro de la energía de la biomasa) y de la energía hidráulica (a gran escala) como energías verdes, por los impactos medioambientales negativos que producen, aunque se trate de energías renovables.

El estatus de la energía nuclear como «energía limpia» es objeto de debate. En efecto, aunque presenta una de las más bajas tasas de emisiones de gases de efecto invernadero, genera desechos nucleares cuya eliminación no está aún resuelta. Según la definición actual de "desecho" no se trata de una energía limpia.

Aunque las ventajas de las energías renovables son notorias, también han causado controversia en la opinión pública. Por un lado, colectivos ecologistas como Greenpeace, han alzado la voz sobre el impacto ambiental que la biomasa puede llegar a causar en el medio ambiente y también sobre el negocio que muchos han visto en este nuevo sector. Este colectivo junto con otras asociaciones ecologistas han rechazado el impacto que energías como la eólica causan en el entorno, aunque es menor que las fuentes no renovables. Para ello han propuesto que los generadores se instalen en el mar, obteniendo así mayor cantidad de energía y evitando una contaminación paisajística. Ahora bien, estas alternativas han sido rechazadas por otros sectores, principalmente el empresarial, debido a su alto coste económico y también, según los ecologistas, por el afán de monopolio de las empresas energéticas. Algunos empresarios, en cambio, defienden la necesidad de tal impacto, pues de esa forma los costes son menores y por tanto el precio a pagar por los usuarios es más bajo.

1.1.5. Impacto ambiental

Voy a desarrollar a continuación donde comienza y cómo evoluciona la preocupación por el medio ambiente:

Los ochenta y la preocupación medio ambiental: fue a partir de los ochenta, cuando este tipo de energías limpias sufrió un verdadero impulso.

Esto fue debido sin duda, a la creciente preocupación medioambiental surgida en la sociedad. Durante esta década, se crearon una gran cantidad de asociaciones en pros de la defensa del medioambiente, y las que ya existían, como Greenpeace, pasaron a ser asociaciones de segunda casi desconocidas, a ser tomadas en cuenta muy seriamente a la hora de elaborar planes gubernamentales que pudieran afectar, directa o indirectamente, al ecosistema natural.

Durante ésta década apareció también una figura hasta entonces inexistente, los llamados partidos verdes, los surgidos en esta época fueron los pioneros en introducirse en la política, siendo la defensa del medioambiente su principal bandera.

Estos hechos ayudaron sin duda, a que la energía solar, entre otras energías renovables, fueran tomando protagonismo en el panorama energético mundial.

Las energías renovables, por ejemplo la solar, a partir de los 90: fue por todos estos motivos, unidos a la escasez del petróleo, que empezó a ser preocupante en los 90, lo que ha provocado la necesidad de incentivar de alguna manera el uso de este tipo de energías.

Es por esto que en 1997 se creó en España la nueva Ley del Sector Eléctrico. En ella se busca incentivar de diversas maneras la producción por parte de las grandes Compañías de energías renovables, frente a aquellas que no lo son.

Todas las fuentes de energía producen algún grado de impacto ambiental. La energía geotérmica puede ser muy nociva si se arrastran metales pesados y gases de efecto invernadero a la superficie; la eólica produce impacto visual en el paisaje, ruido de baja frecuencia, puede ser una trampa para aves.

La hidráulica menos agresiva es la minihidráulica ya que las grandes presas provocan pérdida de biodiversidad, generan metano por la materia vegetal no retirada, provocan pandemias como fiebre amarilla, dengue, esquistosomiasis en particular en climas templados y climas cálidos, inundan zonas con patrimonio cultural o paisajístico, generan el movimiento de poblaciones completas, entre otros Asuán, Itaipú, Yacyretá y aumentan la salinidad de los cauces fluviales.

La energía solar se encuentra entre las menos agresivas debido a la posibilidad de su generación distribuida salvo la electricidad fotovoltaica y termoeléctrica producida en grandes plantas de conexión a red, que utilizan generalmente una gran extensión de terreno.

La mareomotriz se ha descontinuado por los altísimos costos iniciales y el impacto ambiental que suponen. La energía de las olas junto con la energía de las corrientes marinas habitualmente tiene bajo impacto ambiental ya que usualmente se ubican en costas agrestes. La energía de la biomasa produce

contaminación durante la combustión por emisión de CO₂ pero que es reabsorbida por el crecimiento de las plantas cultivadas y necesita tierras cultivables para su desarrollo, disminuyendo la cantidad de tierras cultivables disponibles para el consumo humano y para la ganadería, con el peligro de aumentar el coste de los alimentos y favorecer los monocultivos.

1.1.6. Ventajas e inconvenientes de la energía renovable

Es necesario ver las ventajas e inconvenientes de las energías renovables para poder decantarnos por cual es la más adecuada o cumple mejor nuestras necesidades. Por esto vamos a indicar una serie de ventajas e inconvenientes, dando una de cal y una de arena, de manera que podamos sacar una conclusión tras este análisis. Así pues tenemos:

Ventaja, es una energía ecológica. Entendemos por energías ecológicas aquellas que son respetuosas con el medio ambiente. Las fuentes de energía renovables son distintas a las de combustibles fósiles o centrales nucleares debido a su diversidad y abundancia. Se considera que el Sol abastecerá estas fuentes de energía (radiación solar, viento, lluvia, etc.) durante los próximos cuatro mil millones de años. La primera ventaja de una cierta cantidad de fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables. Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para su construcción y funcionamiento, y no presentan ningún riesgo suplementario, tales como el riesgo nuclear.

No obstante, algunos sistemas de energía renovable generan problemas ecológicos particulares. Así pues, los primeros aerogeneradores eran peligrosos para los pájaros, pues sus aspas giraban muy deprisa, mientras que las centrales hidroeléctricas pueden crear obstáculos a la emigración de ciertos peces, un problema serio en muchos ríos del mundo (en los del noroeste de Norteamérica que desembocan en el océano Pacífico, se redujo la población de salmones drásticamente).

Inconveniente. Son de naturaleza difusa. Entendemos que un problema inherente a las energías renovables es su naturaleza difusa, entendiendo naturaleza difusa como aquella que cuenta con poco rendimiento energético para el alto grado de inversión a llevar a cabo. Dentro de esta naturaleza difusa contamos con la excepción de la energía geotérmica la cual, sin embargo, solo es accesible donde la corteza terrestre es fina, como las fuentes calientes y los géiseres.

Puesto que ciertas fuentes de energía renovable proporcionan una energía de una intensidad relativamente baja, distribuida sobre grandes superficies, son necesarias nuevos tipos de "centrales" para convertirlas en fuentes utilizables. Para 1.000 kWh de electricidad, consumo anual per cápita en los países occidentales, el propietario de una vivienda ubicada en una zona nublada de Europa debe instalar ocho metros cuadrados de paneles fotovoltaicos (suponiendo un rendimiento energético medio del 12,5 %).

Sin embargo, con cuatro metros cuadrados de colector solar térmico, un hogar puede obtener gran parte de la energía necesaria para el agua caliente sanitaria aunque, debido al aprovechamiento de la simultaneidad, los edificios de pisos pueden conseguir los mismos rendimientos con menor superficie de colectores y, lo que es más importante, con mucha menor inversión por vivienda.

Inconveniente, Irregularidad. Entendemos irregularidad como continuidad en el suministro. La producción de energía eléctrica permanente exige fuentes de alimentación fiables o medios de almacenamiento (sistemas hidráulicos de almacenamiento por bomba, baterías, futuras pilas de combustible de hidrógeno, etc.). Así pues, debido a los elevados costos de almacenamiento de la energía, un pequeño sistema autónomo resulta raramente económico, excepto en situaciones aisladas, cuando la conexión a la red de energía implica costes más elevados.

Inconveniente, Fuentes renovables contaminantes. No todas las energías renovables son respetuosas al cien por cien con el medio ambiente. En lo que se refiere a la biomasa, es cierto que almacena activamente el carbono del dióxido de carbono, formando su masa con él y crece mientras libera el

oxígeno de nuevo, al quemarse vuelve a combinar el carbono con el oxígeno, formando de nuevo dióxido de carbono. Teóricamente el ciclo cerrado arrojaría un saldo nulo de emisiones de dióxido de carbono, al quedar las emisiones fruto de la combustión fijadas en la nueva biomasa. En la práctica, se emplea energía contaminante en la siembra, en la recolección y la transformación, por lo que el balance es negativo.

Por otro lado, también la biomasa no es realmente inagotable, aun siendo renovable. Su uso solamente puede hacerse en casos limitados. Existen dudas sobre la capacidad de la agricultura para proporcionar las cantidades de masa vegetal necesaria si esta fuente se populariza, lo que se está demostrando con el aumento de los precios de los cereales debido a su aprovechamiento para la producción de biocombustibles. Por otro lado, todos los biocombustibles producen mayor cantidad de dióxido de carbono por unidad de energía producida que los equivalentes fósiles.

La energía geotérmica no solo se encuentra muy restringida geográficamente sino que algunas de sus fuentes son consideradas contaminantes. Esto debido a que la extracción de agua subterránea a alta temperatura genera el arrastre a la superficie de sales y minerales no deseados y tóxicos. La principal planta geotérmica se encuentra en la Toscana, cerca de la ciudad de Pisa y es llamada Central Geotérmica de Larderello. Una imagen de la central en la parte central de un valle y la visión de kilómetros de cañerías de un metro de diámetro que van hacia la central térmica muestran el impacto paisajístico que genera.

En Argentina la principal central fue construida en la localidad de Copahue y en la actualidad se encuentra fuera de funcionamiento la generación eléctrica. El surgente se utiliza para calefacción urbana, calefacción de calles y aceras y baños termales.

Inconveniente, diversidad geográfica. La diversidad geográfica de los recursos es también significativa. Algunos países y regiones disponen de recursos sensiblemente mejores que otros, en particular en el sector de la energía renovable. Algunos países disponen de recursos importantes cerca de los centros

principales de viviendas donde la demanda de electricidad es importante. La utilización de tales recursos a gran escala necesita, sin embargo, inversiones considerables en las redes de transformación y distribución, así como en la propia producción.

Ventaja, administración de las redes eléctricas. Si la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables se generalizase, los sistemas de distribución y transformación no serían ya los grandes distribuidores de energía eléctrica, pero funcionarían para equilibrar localmente las necesidades de electricidad de las pequeñas comunidades. Los que tienen energía en excedente venderían a los sectores deficitarios, es decir, la explotación de la red debería pasar de una "gestión pasiva" donde se conectan algunos generadores y el sistema es impulsado para obtener la electricidad "descendiente" hacia el consumidor, a una gestión "activa", donde se distribuyen algunos generadores en la red, debiendo supervisar constantemente las entradas y salidas para garantizar el equilibrio local del sistema. Eso exigiría cambios importantes en la forma de administrar las redes.

Sin embargo, el uso a pequeña escala de energías renovables, que a menudo puede producirse "in situ", disminuye la necesidad de disponer de sistemas de distribución de electricidad. Los sistemas corrientes, raramente rentables económicamente, revelaron que un hogar medio que disponga de un sistema solar con almacenamiento de energía, y paneles de un tamaño suficiente, solo tiene que recurrir a fuentes de electricidad exteriores algunas horas por semana. Por lo tanto, los que abogan por la energía renovable piensan que los sistemas de distribución de electricidad deberían ser menos importantes y más fáciles de controlar.

Inconveniente, contaminación paisajística. Un inconveniente evidente de las energías renovables es su impacto visual no agradable de algunas de ellas en el ambiente local. Existen dos energías que son más invasivas en este aspecto, la solar y la eólica. La energía solar ocupa grandes superficies de la corteza terrestre. La energía eólica ocupa menos superficie pero tiene más impacto y de hecho, algunas personas odian la estética de los generadores eólicos y

mencionan la conservación de la naturaleza cuando hablan de las grandes instalaciones solares eléctricas fuera de las ciudades. Sin embargo, todo el mundo encuentra encanto en la vista de los "viejos molinos de viento" que, en su tiempo, eran una muestra bien visible de la técnica disponible.

Otros intentan utilizar estas tecnologías de una manera eficaz y satisfactoria estéticamente: los paneles solares fijos pueden duplicar las barreras anti-ruido a lo largo de las autopistas, hay techos disponibles y podrían incluso ser sustituidos completamente por captadores solares, células fotovoltaicas amorfas que pueden emplearse para teñir las ventanas y producir energía, etc.

Pues bien, analizadas estas ventajas e inconvenientes, parece que a priori son más los inconvenientes que las ventajas, pero existe una ventaja que minimiza gran parte de los inconvenientes. La fuente inagotable de energía que nos da el sol, y el compromiso con el cuidado del medio ambiente, hace que todos los seres humanos queramos cuidar esta herencia que hemos recibido de nuestros padres, para poder transmitirla a nuestros hijos. El hecho de creer en el cuidado del medio ambiente no es más que una consecuencia del trato responsable que tenemos con este planeta y sus habitantes, es una forma de ser consecuentes con la vida humana.

1.1.7. Las fuentes de energía renovables en la actualidad

Son muchas las fuentes de energía renovable existentes en la actualidad, pero si hay una que es verdaderamente digna de mención es la Energía Hidráulica, por potencia y capacidad energética. Así pues tenemos que las centrales hidroeléctricas representan un 20 % del consumo mundial de electricidad, siendo el 90 % de origen hidráulico. El resto es muy marginal: biomasa 5,5 %, geotérmica 1,5 %, eólica 0,5 % y solar 0,5 %.

Alrededor de un 80 % de las necesidades de energía en las sociedades industriales occidentales se centran en torno a la industria, la calefacción, la climatización de los edificios y el transporte (coches, trenes, aviones). Sin

embargo, la mayoría de las aplicaciones a gran escala de la energía renovable se concentra en la producción de electricidad.

En España, las renovables fueron responsables del 19,8 % de la producción eléctrica. La generación de electricidad con energías renovables superó en el año 2007 a la de origen nuclear.

En Estados Unidos, en 2011 la producción de energía renovable superó por vez primera a la nuclear, generando un 11,73 % del total de la energía del país. Un 48 % de la producción de energías renovables provenía de los biocombustibles, y un 35 % a las centrales hidroeléctricas, siendo el otro 16 % eólico, geotérmico y solar.

1.1.8. Producción de energía y autoconsumo

Greenpeace presentó un informe en el que sostiene que la utilización de energías renovables para producir el 100 % de la energía es técnicamente viable y económicamente asumible, por lo que, según la organización ecologista, lo único que falta para que en España se dejen a un lado las energías sucias, es necesaria voluntad política. Para lograrlo, son necesarios dos desarrollos paralelos: de las energías renovables y de la eficiencia energética (eliminación del consumo superfluo).

Por otro lado, un 64 % de los directivos de las principales utilities consideran que en el horizonte de 2018 existirán tecnologías limpias, asequibles y renovables de generación local, lo que obligará a las grandes corporaciones del sector a un cambio de mentalidad.

La producción de energías verdes va en aumento no solo por el desarrollo de la tecnología, fundamentalmente en el campo de la solar, sino también por claros compromisos políticos. Así, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España prevé que las energías verdes alcancen los 83.330 MW, frente a los 32.512 MW actuales, y puedan cubrir el 41 % de la demanda eléctrica en 2030.11 Para alcanzar dicha cota, se prevé alcanzar previamente el 12 % de demanda eléctrica abastecida por energías renovables en 2010 y el 20 % en 2020.

El autoconsumo de electricidad renovable está contemplado en el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia eléctrica, mareomotriz, solar, undimotriz, la biomasa y los biocarburantes.

2. EL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS PUERTOS

Según establece Luis Ramón Nuñez Rivas en su artículo², El origen de estas fuentes, fuentes energéticas renovables marinas, está constituido por el carácter de inmenso colector de energía solar que componen el conjunto de mares y océanos. Éstos, ocupando alrededor del 70% de la superficie del planeta y almacenando sobre 1.550×10^9 millones de m^3 , son la mayor reserva energética existente en la tierra, y además de carácter renovable, suponen un potencial mundial de producción de energía eléctrica anual, estimado en 120.000 TWh (Agencia Internacional de la Energía), aunque al día de hoy la explotación de este ingente potencial se encuentra muy poco desarrollada. Estas fuentes energéticas que mares y océanos ofrecen a consecuencia de la transformación en su seno de la energía solar que captan sus aguas, se identifican del modo siguiente:

- Energía de los vientos, denominada eólica, tanto en la versión Offshore como en la Inshore.
- Energía de las corrientes marinas, tanto inerciales como mareales.
- Energía de las olas, denominada undimotriz.
- Energía mareomotriz.
- Energía del gradiente térmico oceánico, denominada OTEC
- Energía del gradiente salino.

A continuación, para cada una de las fuentes anteriores se exponen sus características y el grado de desarrollo tecnológico que permite su aprovechamiento. Puede decirse que, en general, ese aprovechamiento consiste en obtener energía eléctrica que posteriormente será introducida, para su transporte y distribución, en los Sistemas Eléctricos de Potencia de los sistemas

² “EL APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS COMO OPCIÓN TECNOLÓGICA DE FUTURO”

que optan por explotar el recurso que esas fuentes renovables marinas constituyen.

2.1. ENERGÍA EÓLICA OFFSHORE

Sabido es que las grandes corrientes de aire que recorren la Tierra tienen su origen en la conversión de energía solar en eólica, que se produce en el gigantesco convertidor energético que constituyen mares y océanos. Esta inmensa fuente energética de carácter renovable es, al día de hoy y en tierra, la que posee una mayor capacidad de aprovechamiento después de la hidráulica, existiendo a nivel mundial un parque de instalaciones para su aprovechamiento que, a 31 de diciembre de 2010, alcanzó los 197.105 MW de potencia. Europa tenía, a 31 de diciembre de 2011, instalaciones eólicas por un total de 93.957 MW y este potencial cubrió el 6,3% del consumo eléctrico de la Unión Europea en ese año. A lo largo del mismo, el 21,4% de la potencia instalada en el conjunto de naciones que integran la UE fue eólica, destacando el gran impulso que, en cuanto a instalaciones marinas (eólica offshore), fue realizado por el Reino Unido.

España, a 31 de diciembre de 2011, disponía de 21.673 MW de potencia instalada ocupando el cuarto lugar mundial, después de China, EEUU y Alemania y a pesar de que las condiciones eólicas fueron, en 2011, peores que en 2010, la energía eólica cubrió el 15,75% del total de la demanda eléctrica española correspondiente a dicho año.

El potencial que la Energía Eólica tiene a nivel mundial no está cuantificado, aunque hay estimaciones que valoran este en 300×10^{12} MW, de los cuales 225×10^{12} MW se encuentran en mares y océanos, lo que para poder aprovechar una gran parte de ese potencial obliga a desarrollar ampliamente los parques eólicos offshore, que hasta el presente se ha hecho mínimamente, ya que en la actualidad solo existen en el mundo un total de 2.396 MW instalados en parques offshore, todos en Europa, siendo el Reino Unido, que ya tenía a 31 de diciembre del pasado año, 1.341 MW, el primero del mundo y Dinamarca, con 853,7 MW a esa misma fecha, el segundo.

Las previsiones de crecimiento de estos parques en un futuro próximo son muy optimistas, pues a finales de 2011, además de los 2,4 GW instalados, ya existían parques en construcción con una potencia total de 6 GW y estaba autorizada la construcción de nuevos parques con una potencia total de otros 6 GW, previéndose desarrollos futuros por un total de 114 GW más; sólo el Reino Unido tendrá 40 MW instalados a final del 2015.

Una clara muestra de esta voluntad, mayoritariamente británica, que en Europa existe por el aprovechamiento eólico offshore queda reflejada en el hecho de que a lo largo del año 2011, se han instalado en aguas europeas un total de 868 MW, de los que 753,4 MW (87%) han sido instalados en aguas británicas; el resto, 108 MW se han instalado en aguas alemanas y 3,6 MW en aguas danesas. El total de turbogeneradores offshore instalados alcanza la cifra de 235 y el total de capital invertido en estas instalaciones fue de 2.400 millones de euros.

En España aún no existe ningún parque offshore instalado, aunque con la promulgación del R.D. 1028/2007 de 20 de Julio quedo establecido el marco regulatorio para poder llevar a cabo este tipo de instalaciones en el litoral español y, dado que el tiempo estimado para que desde el inicio del proceso mediante los estudios preliminares hasta que el parque entre en operación es de seis años, es previsible que el primer parque español vea la luz en el año 2017 y puedan finalmente estar instalados en el 2020 los 750 MW previstos en el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER).

El primer parque eólico marino se instaló en 1991 en la costa báltica danesa, como una prolongación de los parques terrestres y está localizado en una zona abrigada y de profundidad inferior a los cinco metros. Está formado por 11 aerogeneradores Bonus (hoy SIEMENS) de 450 Kw de potencia unitaria y con un coste por Kw instalado de unos 2.200 Euros.

Y en 2002, también en aguas danesas, se instaló el que aún es el mayor parque offshore del mundo, el de Horns Rev, que posee una potencia instalada de 160 Mw repartida entre 80 aerogeneradores Vestas de 2 Mw de potencia unitaria y cuyo coste ascendió a 1.700 euros por Kw instalado. Los vientos aumentan en potencia y regularidad cuanto mayor es la distancia de la costa.

Por ello, las nuevas instalaciones que se construyen y proyectan requieren aerogeneradores mayores y de entre 3 y 5 Mw de potencia unitaria que tienen rotores por encima de 100 m de diámetro y torres que alcanzan los 120 m de altura sobre el nivel del mar. Es necesario diseñar nuevos sistemas de fondeo, pues con los que hoy existen no es posible llevar a cabo instalaciones en aguas de más de 50 m de profundidad, aun utilizando cimentaciones de tipo celosía de tres o de cuatro patas, llamadas jacket tripod o cuatripod. Hasta el día de hoy, el único proyecto de estas características es el Beatrice Wind Farm Project, que está ya en fase de explotación y consta de 2 aerogeneradores con una potencia unitaria de 5 MW que se sitúan a 25 Km de la costa y en aguas del Mar del Norte sobre 45 metros de profundidad. La energía que se genera es utilizada en una plataforma de obtención de crudo y el coste alcanza los 9.000 dólares USA por Kw instalado.

Los otros sistemas de cimentación existentes son: el monopilote, forma más utilizada en aguas de hasta los 25 metros de profundidad, y la base de gravedad útil hasta profundidades de 5 metros, aunque hoy en día poco usada. Por tanto será necesario, para poder aprovechar grandes cantidades de energía eólica con parques marinos, realizar instalaciones en aguas profundas y alejadas de la costa, lo que obliga a diseñar nuevos sistemas de cimentación, de modo que esta sea flotante y actué semisumergida.

Estos nuevos sistemas, que ahora están en fase de estudio y diseño, utilizarán estructuras flotantes que combinen el lastrado con el fondeo mediante amarres. Uno de estos proyectos, basado en el concepto SPAR, ya está en la fase de pruebas de un prototipo a escala real. Instalado en el mar a lo largo del año 2010, está siendo desarrollado por un consorcio europeo liderado por la empresa noruega Statoil Hydro con un presupuesto total de 400 millones de coronas noruegas. El otro proyecto con grado de desarrollo más avanzado está liderado por EDP y dispone de un prototipo constituido por una estructura semisumergible basada en tres grandes pontonas unidas mediante tubos conformando una estructura que se fondea mediante seis líneas catenarias y que sustenta un aerogenerador con turbina Vestas V80 de 2 MW. Está situado en aguas

portuguesas, en la zona de Aquadoura, para un periodo de prueba en el mar durante 12 meses.

Toda esta estructura ha sido construida en el dique seco de la empresa LISNAVE, en su Astillero de Setúbal, dique de características muy semejantes al del astillero de Navantia de Puerto Real. Otro de los problemas que plantean estos parques marinos es la carestía de la instalación de las líneas de interconexión entre generadores y la de evacuación de la energía a tierra. Para disminuir las pérdidas energéticas que el transporte submarino supone, se estima la posibilidad de realizar dicho transporte en corriente continua a muy alto voltaje (HVDC).

La Asociación Europea de Energía Eólica estima que, para el año 2020, existirán en Europa 40 GW offshore instalados que producirán 148 TWh al año, sobre el 4% del total de la demanda de electricidad en la UE, se evitarán la emisión de 87 millones de toneladas de CO₂ al año. Entre 2020 y 2030 es de esperar que la potencia offshore instalada se incremente en 110 GW mas, alcanzando una cifra total de 150 GW, los cuales podrán producir 562 TWh al año, lo que representará el 14% de la demanda de electricidad en la UE correspondiente al año 2030, lo que contribuiría en esa fecha a evitar la emisión de 315 millones de toneladas de CO₂.

Todo este previsible desarrollo supondrá para Europa un mercado lleno de oportunidades de negocio, que permitirá desarrollar y potenciar distintos sectores industriales, en particular el de la construcción naval, y que demandara nuevos empleos que se estiman en 169.000 hasta el 2020 y que pueden alcanzar la cifra de 300.000 en el 2030, siendo además muchos de estos nuevos empleos de alta cualificación. Ante esta oportunidad de relanzamiento industrial que la eólica offshore supone es de esperar el que los gobiernos europeos definan nuevas y eficaces políticas de apoyo a la inversión en nuevos desarrollos tecnológicos y a la instalación de nuevos parques de generación, debiendo asimismo definirse con claridad los objetivos que, con carácter vinculante, la eólica offshore debe alcanzar en la UE en las próximas décadas.

2.2. ENERGÍA DE LAS CORRIENTES MARINAS

El potencial mundial de la energía de las corrientes marinas no ha sido cuantificado, aunque hay estimaciones que a día de hoy, y sobre la base de la tecnología existente se supone que la potencia útil de las corrientes marinas, tanto mareales como inerciales, alcanza los 3.000 Twh al año.

Si bien es cierto que, a día de hoy, no se plantea el aprovechamiento de las grandes corrientes oceánicas, por su alejamiento de las costas y su situación mayoritariamente fuera de las zonas de aprovechamiento económico exclusivo de los distintos países ribereños y también por la alta complejidad técnica que su explotación conllevaría, el Séptimo Programa Marco de la UE contempla topics que conducen al diseño de grandes plataformas offshore flotantes para extraer esta energía y transformarla en H₂, para utilizar posteriormente este combustible como vector energético en tierra mediante su transporte en grandes buques semejantes a los actuales LNG.

Esta fuente tiene una alta predictibilidad ya que tanto las corrientes provocadas por causas inerciales como mareales mantienen sus caudales conocidos y cuasi constantes según la época del año. Además poseen una alta capacidad energética, pues la densidad del agua del mar tiene de promedio el valor de 1.015 Kg/m³, lo que se traduce en que una corriente de agua marina que discurre a una velocidad de 2 m/s posee por cada m² de área perpendicular a su flujo, la misma energía que una corriente eólica de 18 m/s.

En el momento actual existe una amplia variedad de generadores para el aprovechamiento de esta fuente energética. Todos basan su funcionamiento en ser posicionados en medio del flujo y corresponden a distintos diseños que pueden agruparse en las tres tipologías siguientes:

- Rotores de flujo axial, cuyo eje es horizontal y en la misma dirección del flujo y que pueden tener una similitud en la forma con los generadores eólicos o con las hélices que propulsan los buques, pudiendo incluso estar situados en el interior de toberas que direccionan y aceleran el flujo de la corriente.

- Rotores de eje vertical, que reciben el flujo de la corriente en sentido transversal al eje y lo forman conjuntos de palas verticales que giran sobre ese eje, impulsadas transversalmente por el flujo.
- Alerones que basculan alternativamente, al ser impulsadas por el flujo, estando la aleta en posición horizontal o en un plano ligeramente inclinado con la dirección de la corriente. Debido a la fuerza de sustentación que la corriente provoca, el alerón oscila en un movimiento vertical que, por medio de una palanca, acciona un servomotor hidráulico que produce energía eléctrica.

En cuanto al sistema que permite su posicionamiento en la corriente, puede ser una estructura apoyada por gravedad en el fondo marino o bien pilotada en el lecho marino, al modo de los grandes generadores de aprovechamiento eólico offshore y también estructuras flotantes, que actúan bien a flote o en inmersión y, en todos estos últimos casos debe disponerse el correspondiente sistema de fondeo. A día de hoy existe un alto número de diseños, si bien la mayoría está en fase conceptual. Sólo son unos 60 los que se encuentran en fase de desarrollo del proyecto y para construir prototipos experimentales de no más de 100 Kw que son sometidos a ensayos en condiciones reales de operación. Son, en cambio, muy pocos los proyectos que han alcanzado un nivel de desarrollo precomercial o integrados en sistemas comerciales de generación.

La mayor parte de estos diseños se ha producido en el Reino Unido, cuyo litoral posee unas condiciones idóneas para albergar estas instalaciones y que presupuesta sustanciales cantidades para la investigación y el desarrollo en tecnologías de aprovechamiento de fuentes renovables marinas. Estas inversiones provienen de los ingresos procedentes del campo petrolífero del Mar del Norte.

A día de hoy, los tres generadores con mayor grado de desarrollo ya que se centran en un prototipo a escala industrial son los siguientes:

2.2.1. Primero

El más antiguo de los tres es el denominado Sea Gen, de la empresa Marine Current Turbines. Consiste en dos turbinas axiales y de eje horizontal, abiertas y montadas sobre un soporte que, discurriendo a lo largo de un pilote anclado al fondo, puede emerger fuera del agua para su mantenimiento. Este proyecto se inició en 1999 y fue instalando en el año 2003 a través de un prototipo experimental denominado SeaFlow de 300 Kw, con un solo rotor de 11 m de diámetro y que descargaba la energía a una carga pasiva.

Tuvo un coste de 3,4 millones de libras esterlinas y el rendimiento del sistema alcanzó el 40%. A partir del año 2004 está en desarrollo la fase de demostración industrial, habiendo sido montado en los Strangford Narrows (Irlanda del Norte) el primer generador comercial en mayo del 2008, ya con dos rotores de 16 m de diámetro. Con un presupuesto de 8,5 millones de libras esterlinas, está prevista su conexión a la red de tierra en breve. Tiene una potencia de 1,2 MW. Dado que actualmente la empresa Marine Current Turbines ha sido adquirida por la multinacional alemana Siemens, es de esperar que la nueva propietaria relance la empresa y pueda así continuar avanzando en sus desarrollos.

2.2.2. Segundo

El segundo generador está siendo desarrollado por la empresa Hammerfest Strom, propiedad de Iberdrola a través de su filial Scottish Power. Tomando como base un prototipo de 300 kW, está desarrollando un generador de 1MW, denominado HS1000, y en marzo de 2011 obtiene los permisos oficiales para la instalación de un parque en Sound of Islay (Escocia), que tendrá 10 generadores fondeados a una profundidad mayor de 48 metros con una potencia total instalada de 10 MW.

Este generador consta de una turbina de tres palas, soportada mediante una estructura compleja fondeada con cajones de gravedad, con unas dimensiones totales de 15 metros de ancho y 22 de largo, y una turbina posicionada a una altura de 22 metros sobre el fondo marino. La turbina dispone de un rotor de 23 metros de diámetro, cuyo funcionamiento permite una altura

máxima sobre el fondo del extremo de pala de 33,5 metros, dejando libres 15 metros hasta la superficie. Esta distancia permitirá la navegación por encima del parque, sin que se altere el flujo de las corrientes a la profundidad de operación de la turbina.

2.2.3. Tercero

Y el tercer proyecto, que está siendo ejecutado por un consorcio liderado por la empresa francesa EDF, consiste en situar un parque de generación en Paimpol-Brehat, localidad de la Bretaña francesa, con una potencia total de 4,5 MW. Utiliza como generador el desarrollado por la empresa irlandesa Open Hydro, que posee una potencia unitaria de 500 kW y está apoyado sobre el fondo mediante una estructura de acero de grandes dimensiones, con un peso de 430 toneladas de acero que sumadas las 70 que pesa la turbina supone un peso total por generador de 500 toneladas. A día de hoy se ha finalizado el periodo de pruebas del prototipo a escala real en el European Marine Energy Centre en Orkney (Escocia).

Merece mención el proyecto español GESMEY que, bajo el patrocinio de SOERMAR y con financiación del programa Nacional de Proyectos de Investigación Aplicada del plan Nacional de I+D+i 2008/2011, tiene por objeto el diseño funcional de un nuevo tipo de generador eléctrico que aprovecha la energía de las corrientes marina mediante una hélice de tres palas, sumergida y acoplada al generador. Todo ello, soportado por una estructura en Y de tres flotadores en forma de torpedos y con un sistema de fondeo, de modo que pueda trabajar en inmersión a distintas profundidades.

El generador emerge y se sumerge hasta la profundidad de operación, que puede ser superior a los 50 metros, utilizando fuerzas hidrodinámicas producidas mediante la variación del nivel de agua de lastre en los tres flotadores. La idea de partida es propia del catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid, adscrito a su E.T.S. de Ingenieros Navales, Amable López Piñeiro, y fue patentada por dicha Universidad en el año 2007. SOERMAR ha alcanzado los correspondientes acuerdos para desarrollar este sistema, siendo este proyecto GESMEY una consecuencia práctica de ello. Actualmente, contando con

financiación del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, ese ha llevado a cabo la segunda fase del proyecto, consistente en el diseño y construcción de un prototipo de 10 Kw, en la empresa Astilleros Balenciaga S. A., situada en el País Vasco, y que, con excelentes resultados, se ha sometido a distintas pruebas en el mar durante los meses de junio y julio pasados.

2.3. ENERGÍA DE LAS OLAS (UNDIMOTRIZ)

Las olas de los mares y océanos son un derivado terciario de la energía solar, pues la radiación solar incide sobre la superficie de la Tierra y provoca un calentamiento desigual de la misma, produciendo en la atmósfera zonas con distinta presión, lo que produce desplazamientos de aire de uno a otro lugar; es decir, generando vientos.

Y son estos vientos los que, al desplazarse sobre la superficie del mar, llevan a cabo el rozamiento de las moléculas de aire con el agua, transfiriendo a ésta parte de su energía y generando las olas, que actúan como un acumulador de energía, pues la almacenan y la transportan de un lugar a otro sin apenas pérdidas, lo que da lugar a que la energía de las olas que se produce en cualquier parte del océano acabe en las costas. La capacidad energética de un frente de ola se mide en densidad de energía por metro de frente y su valor varía de unas localizaciones a otras. Ese potencial depende de la altura de ola y se atenúa con la profundidad del agua como consecuencia del rozamiento de ésta con el fondo.

Esta fuente energética no está cuantificada con exactitud, oscilando la estimación según la fuente entre los 2.000 GW y los 4.000 GW, por lo que, repartiendo estos valores entre los 336.000 Km de costa existentes en el mundo, se obtiene un valor medio de densidad energética de las olas por metro de costa de 8,0 Kw. Esta distribución dista mucho de ser igualitaria ya que hay zonas de costa, como es el caso de Australia o Nueva Zelanda, donde se puede alcanzar los 100 Kw/m frente a otros lugares donde sólo hay 5 Kw/m. En Europa, este recurso se encuentra mayoritariamente en la Costa Atlántica y oscila entre los 30 Kw/m y los 75 Kw/m según cuál sea la localización. Los litorales españoles tanto atlántico como cantábrico y también canario son ricos en este recurso por lo que debe potenciarse la investigación para obtener tecnologías maduras para su

aprovechamiento y permitir que esa explotación futura se haga con sistemas y equipos de fabricación mayoritariamente nacional.

Debe ponerse además de manifiesto que, si bien el potencial disponible de la fuente es inmenso, la capacidad tecnológica existente en el presente no permitiría aprovechar más de un 2% del mismo y sin rendimientos razonables. Si bien la primera patente para aprovechar este tipo de fuente energética fue presentada en 1799, no fue hasta 1970 cuando el número de las mismas aumento considerablemente, sobrepasando hoy día la cifra de 1.000. A pesar de esta cifra, la realidad es que aún no está instalada explotación industrial alguna para aprovechamiento de este tipo de energía ni puede garantizarse cuál de estas ideas conceptuales logrará alcanzar un grado de madurez suficiente para su utilización en explotaciones industriales del recurso.

Los primeros desarrollos tecnológicos para aprovechar esta fuente de energía y una amplia parte de los que posteriormente han visto la luz se basan en el principio de la columna de agua oscilante (OWC), en la cual es la propia agua, al oscilar arriba y abajo dentro de la columna y por efecto del oleaje, la que impulsa el aire que fluye a través de una turbina reversible que arrastra el generador de energía eléctrica. En España, y localizada en la costa guipuzcoana, está ya en fase de operación una central de este tipo, montada en el nuevo dique exterior del puerto de Motriko, con una potencia de 250 Kw. El proyecto ha sido financiado por el Ente Vasco de la Energía y el Gobierno Vasco con 3,5 millones de Euros. Hay otras dos instalaciones conceptualmente semejantes a nivel de prototipo experimental, una en Escocia y otra en las Azores, si bien esta última sufrió serios desperfectos a causa de un fuerte temporal en 2011.

Un segundo grupo de tecnologías se basa en diseñar embalses fijos en la costa, como es el caso del sistema TAPCHMAN o del generador Seawave Slot-Cone (SSG). En ambos casos, un embalse en el primero o los tres embalses construidos uno encima del otro, en el segundo, se llenan a partir de las olas que rompen sobre ellos y el agua embalsada es devuelta al mar a través de una turbina que arrastra el alternador. En resumen, puede afirmarse que todo el conjunto no es más que una mini central hidroeléctrica.

Otro sistema basado en el mismo principio, se denomina Wave-Dragon consiste en un embalse flotante que embalsa agua mediante el oleaje que rompe frente a su rampa. Esta agua es devuelta al mar atravesando una turbina Kaplan, la cual arrastra al generador de energía eléctrica. Existe un solo prototipo construido, que tiene un peso de 237 toneladas y se encuentra fondeado frente a la costa danesa, produciendo electricidad a nivel experimental.

Un tercer grupo de tecnologías de aprovechamiento de esta fuente energética está constituido por dispositivos flotantes que, mediante el movimiento horizontal del oleaje, actúan como servomotores accionando los generadores eléctricos. Dentro de esta tecnología sobresale el convertidor PELAMIS, conformado por una unión de cilindros flotantes que constituyen una estructura serpenteante y en la que sus nodos de unión actúan como cilindros hidráulicos que impulsan el aceite que acciona los generadores.

En los años anteriores se decidió la instalación, en la costa norte portuguesa, de una central pelamis de 2,25 Mw de potencia, la cual dispone de tres conjuntos de cuatro cilindros; cada conjunto, con 750 Kw de potencia, 700 toneladas de desplazamiento y una eslora total de 150 metros. Estaba previsto que esta central portuguesa aportase energía eléctrica a la red en septiembre de 2008 y su coste se estimó en 4 millones de libras esterlinas. El 23 de septiembre de 2008 se inauguró la primera fase, conectándose a la red eléctrica, pero en marzo de 2009 fue clausurado el proyecto y cerrada la central, por la gran dificultad técnica que suponía su mantenimiento y operación. Bien es cierto que la reciente adquisición de esta empresa por Scottish Power (Iberdrola) puede producir un nuevo relanzamiento de esta tecnología.

Un sistema de cierta similitud ha sido diseñado y está en fase de desarrollo, bajo el nombre de Proyecto OCEANTEC. Por un consorcio liderado por Tecnalia y con la participación de Iberdrola, dispone de un presupuesto es de 4,5 millones de euros. El dispositivo consiste en un captador flotante que por el cabeceo que le provocan las olas induce un movimiento a un sistema giróscopo situado en su interior, que a su vez acciona un generador eléctrico. Está montado un prototipo experimental en la costa guipuzcoana.

El cuarto y último grupo tecnológico para el aprovechamiento de la energía de las olas consiste en sistemas flotantes o sumergidos que aprovechan el movimiento vertical de las olas para producir electricidad, bien mediante generadores lineales o impulsando aire en dispositivos neumáticos. Como ejemplo de esta tecnología puede citarse a la boya OPT, desarrollada por la empresa Ocean Power Technologies y que, mediante un consorcio liderado por Iberdrola, se está ejecutando en la costa de Santoña (Cantabria). Un proyecto de parque de generación que estará formado por 10 boyas de 40 Kw de potencia unitaria y de 9 más de 150 Kw cada una. En el momento actual solo está instalada una boya de 40 Kw.

2.4. ENERGÍA MAREOMOTRIZ

La atracción gravitacional que se ejerce sobre las aguas marinas por la luna y, en menor medida por el sol, causa un movimiento de ascenso y descenso de las mismas que se denomina marea. Definiéndose como pleamar el máximo nivel que las aguas alcanzan y como bajamar, el mínimo; siendo esta diferencia de nivel entre pleamar y bajamar el potencial energético de la marea.

Esta diferencia de nivel varía de un lugar a otro del planeta; siendo de pocos centímetros en el mar Mediterráneo y alcanzando alturas de varios metros en determinados lugares de la costa atlántica. Este potencial que la marea posee puede aprovecharse mediante la construcción de una presa dotada de compuertas que permitan embalsar agua marina hasta la pleamar y establecer una central hidroeléctrica, que turbine el agua retenida a lo largo del periodo de bajamar, produciendo energía eléctrica.

Este tipo de aprovechamiento, que tiene su origen en los primitivos molinos de marea, requiere, para ser rentable, disponer de una diferencia de nivel entre la pleamar y la bajamar de al menos 6 metros. No hay en el mundo muchas localizaciones costeras con esta característica, y si además se añade la posibilidad de cerrar la ensenada con la construcción de un dique, el número se reduce a no más de 15, entre las que se encuentra la Bahía de Fundy en Canadá, que posee un salto de unos 12 metros, y si se dispone una presa de 8 Km de longitud, nacería una central capaz de producir 11.700 GWh al año.

Esta fuente energética es absolutamente predecible y gestionable, pero tiene un alto coste de instalación y también de mantenimiento, así como un elevado impacto medioambiental, causado tanto por el proceso de su construcción como por la alteración que la bahía cerrada por la presa sufrirá en su hábitat. Razones estas que hacen muy poco probable que se construyan más centrales mareomotrices en el futuro. En el presente hay solo tres instalaciones de este tipo funcionando y con producciones significativas, siendo la más importante y conocida la situada en el estuario de La Rance, en La Bretaña francesa. Fue inaugurada en 1967, con una potencia instalada de 240 Mw, constituida por 24 grupos, formado cada uno de ellos por un alternador arrastrado por una turbina bulbo, tipo Kaplan, con una potencia unitaria de 10 Mw y con un alto coste de mantenimiento, pues cada grupo debe ser totalmente renovado cada 10 años.

Hay un nuevo intento de construir una central de esta tipología, aunque por ahora sólo a nivel de estudio en la desembocadura del Rio Gallegos en la Argentina, donde existe una altura de marea por encima de los 12 metros, habiéndose realizado la licitación del estudio de viabilidad por el Gobierno en 2011.

En España no existen localizaciones que permitan instalar una central de este tipo aunque hay zonas como es la costa onubense y la gallega donde, con una altura de marea de 5 metros podría, plantearse su aprovechamiento a muy pequeña escala y con un mínimo impacto ambiental.

2.5. CONVERSIÓN ENERGÉTICA DEL GRADIENTE TÉRMICO OCEÁNICO. PLANTAS OTEC

Se define con esta denominación a la técnica que permite convertir en energía útil, el gradiente de temperatura existente en una determinada zona geográfica, que se produce por la diferencia de temperatura entre la del agua de la superficie marina y la que se encuentra en ese mismo lugar a una profundidad del orden de 1.000 metros.

Para conseguir un rendimiento aceptable, se considera necesario que el valor mínimo de ese gradiente alcance los 20° C, lo que limita las posibilidades

de localizar emplazamientos idóneos para estos sistemas OTEC, pues se necesita una temperatura mínima del agua en la superficie de 24° C y suficiente profundidad para alcanzar los 1.000 metros, donde es posible encontrar agua marina fría a menos de 5° C. Esta condición se cumple en zonas geográficas próximas al Ecuador y tanto en el Océano Atlántico como en el Pacífico, lo que incluye a muchas islas y archipiélagos así como a países que se encuentran en vías de desarrollo.

El carácter experimental de estas instalaciones no permite establecer el coste medio, éste no es cuantificable a día de hoy, aunque puede estimarse como muy alto; muy por encima del coste de instalación de una central tradicional de combustible fósil, pues fácilmente podría alcanzar los 20.000 dólares USA por Kw de potencia instalada. Aunque esta diferencia puede ser absorbida por el coste del combustible fósil que no se consumiría durante la vida de la instalación OTEC, ya que éste en muchas de estas islas alcanza un 60% más de precio que en los países continentales.

Hay solo dos tecnologías para el aprovechamiento de esta fuente energética, constituidas por una planta de vapor de agua de ciclo abierto o por una planta de vapor de ciclo cerrado, que utiliza un fluido refrigerante como agente para ser vaporizado y mover la turbina que arrastre el generador eléctrico. Tanto en uno como en el otro caso, puede obtenerse agua dulce como un aprovechamiento complementario de la instalación OTEC.

Han sido muchos los proyectos de plantas OTEC que han intentado ver la luz pero con muy poco éxito y logrando rendimientos muy bajos, sobre el 5%. Por ello, en el presente solo existen dos plantas en funcionamiento, ambas con carácter experimental y de 1 MW de potencia unitaria, localizadas una en Hawái y la otra en Japón.

Aun así, si hay diversos proyectos para poner en funcionamiento plantas OTEC de ciclo cerrado, montadas en plataformas flotantes y con una capacidad de generación del orden de 10 Mw y es previsible que, en la década del 2010 al 2019, algunos de estos proyectos vean la luz en islas del trópico asiático o atlántico. Este tipo de artefacto naval puede ser un producto de interés para

astilleros de gran tamaño, como los que existen en España de capital público (Navantia), por lo que es un desarrollo tecnológico de interés aunque en el litoral español, islas incluidas, no se den las condiciones de gradiente mínimo necesario para poder instalarlas.

2.6. GRADIENTE SALINO

Se define así a la energía que puede obtenerse a partir de la diferencia de concentración de sal, existente en la zona de desembocadura de un río, entre la del agua marina y la del agua dulce. Se estima que el potencial existente en el mundo a partir de esta fuente es del orden 1.600 TWh/año; aproximadamente el 50% del consumo de energía eléctrica en la Unión Europea.

El único procedimiento tecnológico existente al día de hoy es el denominado Ósmosis de Presión Retardada (PRO) del cual existe un prototipo desarrollado por la empresa noruega Statkraft, con una potencia de 4 kW instalado en un fiord noruego. Consiste en mantener agua dulce, separada de la salada por una membrana semipermeable, y de este modo el agua fluye a través de la membrana desde la zona de agua dulce hacia la zona de agua salada, levantándose la presión en esta zona hasta los 24 o 26 Bar, lo que permite transferir esta agua de alta presión a una turbina hidráulica que arrastra un generador de energía eléctrica.

Esta tecnología tiene al día de hoy un mínimo grado de madurez, estando todavía en fase experimental y siendo un elemento crucial la membrana semipermeable lo que puede suponer en el futuro un importante nicho de mercado el desarrollo y la fabricación de este tipo de membranas para empresas dedicadas a equipos de obtención de agua dulce mediante osmosis inversa, ya que el disponer de membranas eficaces y a precio competitivo es absolutamente crucial para que esta fuente energética pueda ser aprovechada en plantas comerciales.

2.7. EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA TECNOLÓGICA A CORTO Y MEDIO PLAZO

Debe decirse en primer lugar que la cadena de valor que se conforma en esta Industria de Aprovechamiento de las Energías Marinas pone de manifiesto que son muchos y muy multidisciplinares los sectores implicados, y como consecuencia, el desarrollo de esta industria tendrá un muy alto efecto dinamizador en las economías sectoriales y en la economía nacional.

Bien es cierto que a día de hoy la única energía marina que tiene presencia a nivel industrial y con unas muy grandes expectativas de crecimiento en los próximos años es la eólica offshore y es a ella y a sus necesidades, a la que la industria en general tendrá prioritariamente que atender. Aunque ello no es óbice, cortapisa ni valladar para que se tenga también puesta la mirada en lo que respecta a las otras fuentes, sobre todo a las corrientes marinas que, sin duda, será la segunda en alcanzar el desarrollo industrial. En lo referente a la eólica marina, puede decirse que va a transformarse muy rápidamente de lo que es hoy, una tecnología emergente y todavía muy inmadura, a convertirse en una componente importante del mix energético en la UE. Ello producirá un aumento de la competencia entre los múltiples actores que intervienen en la cadena de valor, propiciándose la aparición de nuevas y significativas empresas, lo que supondrá un incremento de las mismas en todos y cada uno de los nichos de mercado que los eslabones de la ya citada cadena de valor configura.

En esta tecnología, los grandes nichos de mercado, que en el futuro inmediato tendrán un alto desarrollo, son:

- Desarrollo de turbinas específicas para offshore Wind
- Diseño y fabricación de estructuras para el soporte de esas turbinas, tanto para fijar rígidamente al fondo marino como para estructuras flotantes. En concreto, este eslabón que comprende fabricaciones en acero de alto tonelaje, no requiere altos requerimientos técnicos, lo que supone una excelente oportunidad para diversificar los productos que pueden producir las distintas empresas que en España fabrican calderería pesada y, muy en particular, favorecer a los astilleros, permitiendo dinamizar sus

actividades, ya que sus capacidades industriales les hace idóneos para competir ventajosamente en este nuevo mercado.

- Cables submarinos de transmisión de la energía eléctrica, también llamados cables marinos o cables nau. Este nicho de mercado está, a día de hoy y a nivel mundial, cubierto por muy pocas empresas que son capaces de producir cables de transmisión de alta tensión y además es muy difícil que ese número se incremente, pues la entrada de nuevos actores es muy complicada por la alta barrera que suponen los altos costes de inversión y el largo tiempo que se necesita para poder fabricar estos equipos. Aun así se han hecho significativos avances en cuanto al diseño y fabricación de nuevos cables de evacuación mediante corriente continua de alta tensión (HVDC).
- Diseño y construcción de nuevos buques específicos para la instalación de estos nuevos parques offshore y también para su mantenimiento en explotación, e incluso dentro de unos años para su remoción. Aquí, también los astilleros nacionales pueden tener una importante oportunidad de negocio, sobre todo aquellos con una exitosa experiencia en la construcción de buques de apoyo offshore para el sector del petróleo y gas.

Y si nos referimos a los puertos, será necesario definir nuevas características de éstos para que sean eficaces centros logísticos en este negocio, lo que conducirá a adaptar los existentes que reúnan condiciones suficientes de espacio y calado o bien a diseñar nuevos muy específicos. Será, en todo caso, necesario disponer de puertos denominados de movilización, que deben permitir la exportación completa de las construcciones de offshore wind directamente de la fábrica a los parques de generación, lo que supone un muy importante ahorro en el coste de la instalación del parque. Acto seguido se describirán en síntesis los tipos de estructuras que son y serán necesarias en eólica offshore y posteriormente los tipos de buques que esta nueva industria demanda, en ambos casos serán productos que pueden ser fabricados por los astilleros nacionales que deseen participar en este nuevo mercado.

2.7.1. Tipos de estructuras

Los tipos de estructuras más utilizadas son:

- El monopilote, construido en acero y para ser utilizado hasta en profundidades de 25 metros, es una construcción muy simple y, en consecuencia, relativamente barata, lo que la convierte en la solución referente, siempre que la profundidad y las condiciones del suelo marino permitan su utilización.
- La estructura de fondeo por gravedad (GBS) se construyó en hormigón armado en origen y hoy en día son de acero, se construye en factorías terrestres y se transporta hasta la localización, bien a flote o en embarcaciones especiales. Una vez en la posición de destino se lastran hasta logra su apoyo directo sobre el suelo marino. Son cada vez menos utilizadas, aunque tienen un resurgimiento como elemento de fondeo para algunos generadores de corrientes marinas, como es el caso del HS1000 de Hammerfest Strom.
- Las estructuras de celosía son utilizadas en aquellos casos en los que la profundidad o las características del suelo marino lo requieren, impidiendo el uso del monopilote. Hay dos conceptos básicos, el multipod, bien en configuración tripod o en la tripile, o en la configuración jacket con tres o con cuatro patas. En ambas configuraciones se fijan al suelo marino mediante pilotes de pequeño diámetro y longitud de unos 15 metros, que se incrustan en el suelo marino. Estas estructuras permiten llegar hasta 50 m de profundidad.

Para profundidades por encima de 50 metros es necesario el diseño y construcción de nuevos conceptos de plataformas oceánicas flotantes, existiendo tres tipos básicos: la SPAR, la TLP y la Jacket semisumergibles, todos susceptibles de ser construidos en astilleros.

2.7.2. Tipos de buques

Como consecuencia del creciente desarrollo de parques marinos surge la necesidad de disponer de buques idóneos, no solo para el transporte de los

equipos que los constituyen sino también con capacidad de realizar diversas operaciones y actividades necesarias e imprescindibles durante el desarrollo, la construcción, la operación e incluso la remoción al fin de su vida útil, de un parque de generación.

En función de las características de la operación requerida será necesario utilizar buques relativamente simples usados habitualmente en otras actividades marinas, en cambio si la complejidad y dificultad de la operación son muy altas, el buque o artefacto que se precisa será uno muy específico y por supuesto caro, tanto en su construcción como en su alquiler, y con un diseño y unas capacidades que le permitan llevar a cabo misiones relativamente sofisticadas durante la instalación y desarrollo del parque de generación.

A continuación se definen los requerimientos más habituales del buque, en función de las operaciones que este debe realizar:

A. Primero

Para el análisis de las características físicas y oceanográficas del lugar elegido, las funciones que se deben realizar son las propias de llevar a cabo los estudios geofísicos, geológicos y de impacto ambiental. Incluso se debe tener capacidad para llevar a cabo la instalación de torres meteorológicas que permitan evaluar correctamente el recurso.

B. Segundo

Para la construcción y la instalación del parque, es cuando se exigirán las más exigentes y sofisticadas capacidades a los buques, especialmente durante la instalación de la estructura soporte y también de la turbina, lo que requerirá que los buques tengan disposiciones generales particulares que les permitan transportar equipos de alto volumen y peso y su manejo, alta capacidad de izado, alta precisión en el posicionamiento de lo izado, capacidad para poder operar en condiciones de mar relativamente adversas, riesgo técnico controlado en operación y disponibilidad comercial.

C. Tercero

Para la operación y el mantenimiento del parque, se necesita menor capacidad de izado y transporte que en la fase anterior, aunque es necesaria una

capacidad de alojamiento para los técnicos y trabajadores que deben realizar el mantenimiento. Se estima que dicha capacidad debe permitir alojar a 12 personas, además de la tripulación.

D. Cuarto

Para la remoción del parque, será necesario utilizar buques y artefactos de potencialidad y características muy similares a las que se requieren en la fase de instalación del parque.

Como conclusión de lo antes expuesto se puede afirmar que los buques y artefactos necesarios pertenecerán a los bloques siguientes:

- Buques o barcas Jack up
- Buques grúas con patas estabilizadoras
- Buques con altas capacidades de izado
- Artefactos semisumergibles con alta capacidad de izado
- Barcas no propulsadas y dotadas de posicionamiento dinámico (Ejemplo RAMBIZ)

2.7.3. Puertos

Los puertos son un componente esencial de la cadena de valor de estas nuevas tecnologías que permiten aprovechar las energías renovables marinas. Y será en ellos donde se llevará a cabo la distribución, bien de componentes parciales del generador y generales del parque o incluso de los generadores ya completamente pre montados o con el montaje efectuado en gran parte.

Lo anterior permite clasificar a los puertos, bajo el punto de vista de su idoneidad para actuar en este negocio, en dos grandes grupos: los definidos como Puertos de Fabricación y los denominados de Distribución.

Se entiende por Puerto de Fabricación aquel que dispone de zonas muy próximas hábiles para instalaciones fabriles que le permitan exportar los componentes directamente a los lugares de instalación de los mismos. Pueden

ser desde componentes individuales a componentes ya integrados e incluso con un alto grado de premontaje.

Se entiende por Puerto de Distribución aquel que es base logística para la distribución de los componentes del generador (turbinas, estructuras y otros) o los propios del parque de generación, recibéndolos en su hinterland y desde él trasladados las zonas de montaje en el mar, bien premontados y mediante transporte de buques especiales o mediante buques Feeder a los distintos lugares donde serán integrados en el conjunto que configura el generador.

Una vez establecida esta clasificación, procede definir cuáles deben ser las características básicas que un puerto debe tener para ser actor preferente dentro de este nuevo mercado que las energías renovables marinas crean.

El puerto debe disponer de unas dimensiones idóneas en cuanto a calado mínimo, anchura de los canales de acceso, superficie mínima de explanada, longitud mínima de muelles de atraque y capacidad mínima de izado. Todo con el fin de poder admitir tanto grandes estructuras de soporte de los generadores como los buques especiales que se necesitan para su transporte. Además, la zona de muelles debe tener un firme capaz de resistir la compresión que sobre el mismo ejercerán los distintos componentes estructurales que, tanto los generadores eólicos offshore como los que aprovechan las corrientes marinas y también las olas, necesitan por su alto peso y volumen.

En general, para los parámetros antes citados se piensa en disponer de muelles de atraque con longitudes mínimas de 300 m, llegando incluso al kilómetro, para así permitir el atraque simultaneo de más de un buque.

Estos muelles deben poder resistir cargas por compresión hasta los 20 t/m² y un calado mínimo de 12 m. En cuanto a superficie de explanada disponible se estiman necesidades mínimas de 25 hectáreas para así poder realizar no sólo el depósito de componentes sino también premontaje a complejos con alto peso y volumen. También se requiere disponer en estas zonas y en muelles de medios de izado con alta capacidad, pudiendo llegar a 1.000 toneladas por grúa o en combinación de dos.

En cuanto a los canales de acceso, éstos han de permitir el transporte de generadores ya montados de 6 MW de potencia, lo que supone rotores de hasta los 200 metros de diámetro.

Es preciso también que el puerto sea operativo las 24 horas y que pueda disponer también de helipuerto para combinar el transporte de operarios y técnicos hasta el parque en construcción.

3. SOLUCIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES A PLANTEAR EN EL SISTEMA PORTUARIO

Es muy difícil realizar un diagnóstico común que cumpla para todos los puertos ya que por su tipología y demarcación geográfica son varios los factores que los hacen muy distintos desde el punto de vista de las energías renovables. Debido a su ubicación podríamos hacer una diferenciación sencilla y básica entre todos ellos, principalmente por su carrera de mareas, que determinara el empleo de minihidráulica como mejor opción energética. Para esto es interesante realizar una introducción al concepto de marea y sus principales características.

3.1. MAREAS

Las mareas son las oscilaciones continuas y periódicas que experimenta el nivel de los mares. Cuando la marea alcanza su nivel superior recibe el nombre de pleamar o marea alta y en su nivel inferior bajamar o marea baja. Dichas oscilaciones son muy diferentes según el lugar y la época en que se observen.

Las mareas son atribuidas a la atracción que producen sobre las aguas existentes en el globo terráqueo principalmente la Luna y el Sol. Teóricamente, todos los astros intervienen en la formación de las mareas, pero la acción de las estrellas y la de los planetas es despreciable, siendo los principales responsables el Sol y, sobre todo, la Luna. La influencia de la Luna es aproximadamente 2,3 veces mayor que la del Sol, ya que la atracción es inversamente proporcional al cuadrado de las distancias.

- Cuando la marea está subiendo se llama creciente, entrante o flujo. Cuando está bajando, vaciante, saliente o reflujo.
- Nivel medio.- Es el nivel que tendrían las aguas del mar si no existiera el fenómeno de las mareas
- Amplitud de la marea.- Es la diferencia de nivel entre la pleamar y la bajamar.

- **Altura de la marea.**- La altura de la marea en un momento cualquiera es lo que se eleva el agua por encima del nivel del Datum (sonda en la carta).
- **Edad de la marea.**- Las mareas vivas se dan en la época de las sicigias, pero la mayor pleamar se observa varias mareas más tarde que el Sol, la Luna y la Tierra estén en posición astronómica de sicigias. Este retraso es la edad de la marea. Varía de unos lugares a otros de 0 a 48 horas.
- **Duración de la marea.**- Es el intervalo de tiempo transcurrido entre una pleamar y una bajamar, o entre una bajamar y una pleamar consecutivas.
- **Nivel de referencia de la sonda.**-La bajamar escorada es la mayor bajamar de todas las épocas y corresponde a las sicigias mínimas, cuando el Sol y la Luna están en el plano del Ecuador y a su menor distancia de la Tierra. Cuando esto sucede las mareas son máximas y se produce la máxima altura de la pleamar y la mínima de la bajamar.
- Las sondas en las cartas españolas vienen referidas a esta bajamar escorada. De este modo, y teniendo en cuenta que en las cartas se consignan las profundidades que existen en los diferentes lugares, no se podrá encontrar una sonda inferior, en una bajamar, a la que marca la carta.
- El Cero hidrográfico (CH) o Datum de la carta náutica es el plano horizontal de referencia sobre el cual se miden, de forma vertical, las profundidades representadas y las alturas de todo accidente geográfico que vele en bajamar.
- Por lo tanto, en zonas de mareas, se elige un Cero Hidrográfico que muestre la sonda mínima de agua que hay en ese lugar, bajo condiciones meteorológicas «medias». Cuando la amplitud de marea es inferior a los 30 cm se puede establecer como nivel de referencia el Nivel Medio del Mar (MSL/NM).

- D: Duración de la marea. Es el intervalo de tiempo transcurrido entre una pleamar y una bajamar, o entre una bajamar y una pleamar consecutivas.
- A: Amplitud de la marea. Es la diferencia de nivel entre la pleamar y la bajamar.

Dado que los únicos factores que consideramos en la formación de las mareas son la Luna y el Sol, la Luna en razón de su proximidad y el Sol en razón de su masa, se les suele llamar mareas astronómicas. No obstante, a pesar de que el Sol y sobre todo la Luna son los factores fundamentales en la formación de las mareas, debemos saber que otros fenómenos atmosféricos como la presión atmosférica, el viento y la lluvia provocan también variaciones del nivel del mar, aunque debido a su carácter impredecible a largo plazo no son considerados en las tablas de mareas.

Con una presión atmosférica superior a la normal, los niveles del mar serán más bajos que los previstos en las tablas, y viceversa. Además, un viento fuerte y constante que sopla en dirección a la costa, producirá mareas más altas que las previstas mientras que un viento en sentido contrario provocará mareas más bajas.

La consulta de la altura de marea en un momento dado, se realiza directamente sobre la publicación denominada ANUARIO DE MAREAS, donde nos especifican las alturas de las pleamares y bajamares para cada puerto principal (denominado puerto patrón) y la diferencia a aplicar para cada puerto secundario. Esta publicación se actualiza anualmente, por lo cual siempre debemos llevar a bordo la del año en curso.

3.2. IDENTIFICACIÓN DE PUERTOS POR SU ALTURA DE MAREAS.

Tendremos que analizar brevemente el sistema portuario Español para poder derimir donde es interesante optar por una opción energética renovable basada en la minihidráulica, como comenté al inicio de este capítulo.

España es el país de la Unión Europea que cuenta con mayor longitud de costa (8.000 Km.). Además su situación geográfica, próxima al eje de una de las

rutas marítimas más importantes del mundo, la beneficia de un mayor afianzamiento como área estratégica en el transporte marítimo internacional y como plataforma logística del sur de Europa.

El Sistema Portuario español de titularidad estatal está integrado por 46 puertos de interés general, gestionados por 28 Autoridades Portuarias, cuya coordinación y control de eficiencia corresponde al Organismo Público Puertos del Estado, órgano dependiente del Ministerio de Fomento y que tiene atribuida la ejecución de la política portuaria del Gobierno.

Las 28 autoridades portuarias son:

- AP La Coruña
- AP Alicante
- AP Almería
- AP Avilés
- AP Baleares
- AP Barcelona
- AP Bilbao
- AP Cartagena
- AP Castellón
- AP Ceuta
- AP Ferrol-S.Cibrao
- AP Gijón
- AP Huelva
- AP Bahía de Algeciras

- AP Bahía de Cádiz
- AP Las Palmas
- AP Málaga
- AP Marín y Ría de Pontevedra
- AP Melilla
- AP Motril
- AP Pasajes
- AP Santa Cruz de Tenerife
- AP Santander
- AP Sevilla
- AP Tarragona
- AP Valencia
- AP Vigo
- AP Villagarcía de Arosa

Dentro de estas 28 Autoridades Portuarias tenemos un total de 12 que se encuentran comprendidas en el mar Mediterráneo, que son A.P. Alicante, A.P. Almería, A.P. Barcelona, A.P. Baleares, A.P. Cartagena, A.P. Castellón, A.P. Ceuta, A.P. Málaga, A.P. Melilla, A.P. Motril, A.P. Tarragona y A.P. Valencia. Estando las otras 16 comprendidas en el Océano Atlántico, y Mar Cantábrico.

La A.P. Sevilla, tiene dentro de su dominio público portuario el término de Sanlúcar de Barrameda en Cádiz, y Doñana en Huelva, pero no cuenta con aguas abrigadas que tenga grandes superestructuras, motivo por el que no se incluye dentro de las 16 AAPP donde a priori se podría establecer un proyecto de minihidráulica.

Es interesante recalcar que Puertos del Estado en su página web ya tiene directrices establecidas sobre su visión medioambiental.

3.2.1. Medio ambiente Portuario

Puertos del Estado, consciente de que las infraestructuras y actividades portuarias pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente, y considerando su responsabilidad en la protección del mismo, se compromete a:

- PROMOVER el desarrollo de las políticas ambientales en las Autoridades Portuarias, impulsando la implantación de Sistemas de Gestión Ambiental, el empleo de tecnologías limpias y buenas prácticas, que permitan conseguir los objetivos ambientales fijados.
- INFORMAR al personal de Puertos del Estado y de las Autoridades Portuarias de las novedades normativas y de los aspectos ambientales relevantes que afecten a la actividad portuaria mediante jornadas de divulgación y debate.

La Ley 33/2010 recoge como un aspecto clave del nuevo marco legal de los puertos, la componente ambiental que ha de impregnar toda actividad portuaria, tanto la que se refiere a las infraestructuras e instalaciones, como a la prestación de los servicios portuarios.

Para ello, el objetivo ambiental de esta Ley es nutrir sus contenidos con un amplio surtido de incentivos a las mejores prácticas relacionadas con el respeto al entorno ambiental físico y humano de los puertos, que ha de exigirse tanto a las propias Autoridades Portuarias como al resto de agentes públicos y privados que conforman la comunidad portuaria.

Así mismo, la Ley 33/2010 tiene entre sus objetivos potenciar el concepto de sostenibilidad dentro de los mecanismos de gestión de las Autoridades Portuarias, poniendo un especial énfasis en la necesidad de incluir la gestión ambiental como parte de dicha gestión.

3.3. CONCEPTO DE MINIHIDRAÚLICA

Para llegar al concepto de minihidráulica tendremos que empezar definiendo la energía hidráulica, energía hídrica o hidroenergía que es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.

Se puede transformar a muy diferentes escalas. Existen, desde hace siglos, pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río, con una pequeña represa, mueve una rueda de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales. Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de represas.

Es generalmente considerada un tipo de energía renovable puesto que no emite productos contaminantes. Sin embargo, produce un gran impacto ambiental debido a la construcción de las presas, que inundan grandes superficies de terreno y modifican el caudal del río y la calidad del agua.

El aprovechamiento energético de la energía potencial y cinética del agua data de la época de los griegos. Estos empleaban la rueda hidráulica para bombear agua o para moler trigo, llamada noria, e inventada por Filón de Bizancio (250 a.C.). Sin embargo, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga retrasó su aplicación generalizada hasta el siglo XII.

La descripción detallada de la rueda hidráulica, así como sus aplicaciones, se debe al ingeniero y arquitecto romano Marco Vitrubio Polión, quien la describe ampliamente en su libro De arquitectura [Vitrubio, s.a.] libro en el que se conserva la técnica de la arquitectura y de la ingeniería del helenismo).

Desde aquellos primeros aprovechamientos hasta la actualidad se han producido grandes cambios desde el punto de vista de la propiedad del agua y su posible utilización (administrativos), técnicos, económicos y medioambientales.

Una central minihidráulica o minihidroeléctrica es un tipo especial de central hidroeléctrica, utilizada para la generación de energía eléctrica en pequeña escala, a partir de la energía potencial o cinética del agua.

La energía minihidráulica se considera un tipo de energía renovable y se encuentra dentro de la regulación jurídica asociada a estas energías. Las mini centrales han sido muy utilizadas a lo largo del tiempo debido a su pequeño tamaño —y por tanto costo inicial— y facilidad de instalación, por lo que han sido muy usadas a nivel local o incluso privado.

Existen dos tipos diferentes de centrales minihidráulicas:

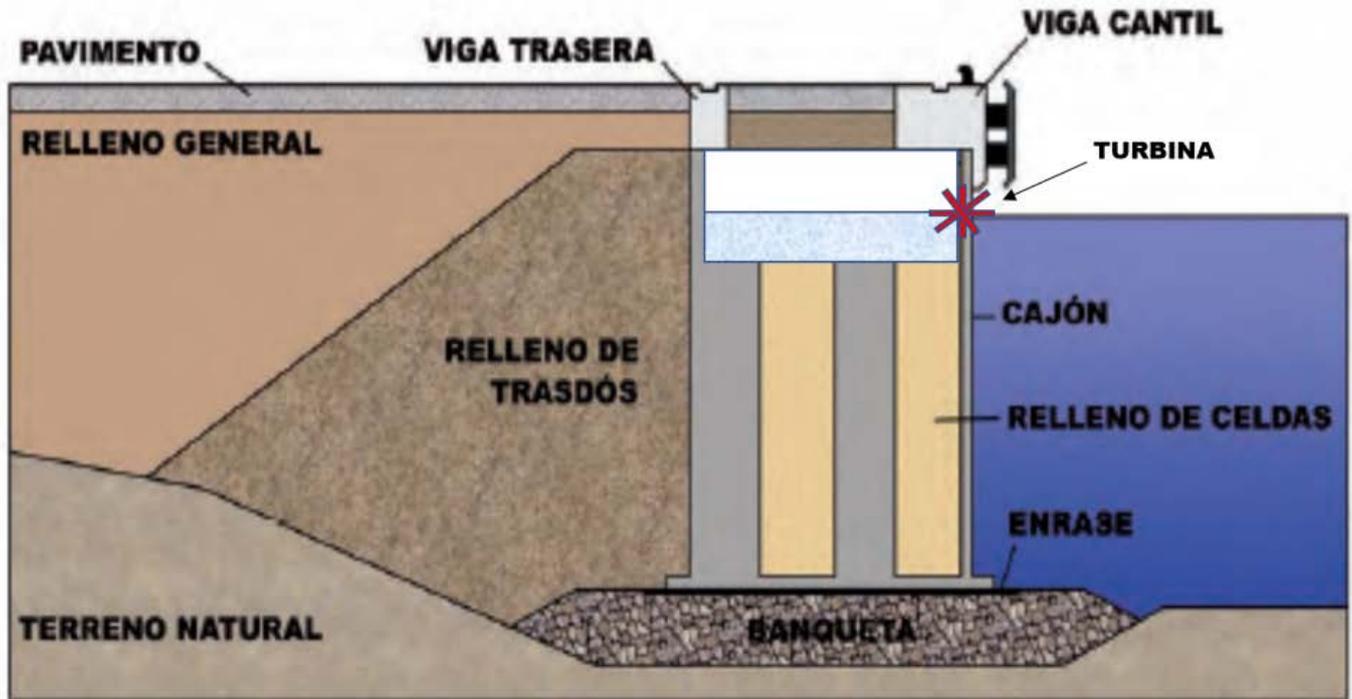
- las centrales de "agua fluyente", en las que se desvía el agua de un río por un canal y tuberías hasta alcanzar una turbina, la cual genera electricidad. Posteriormente el agua es devuelta a su cauce.
- las centrales "a pie de presa", basan su funcionamiento en el almacenamiento del agua en un embalse; vaciándose por una tubería ubicada en la base de la presa, que va a desembocar en una turbina.

3.4. SOLUCION DE MINIHIDRAULICA GENERAL

Ideal sería que la entidad que gobierna el sistema portuario estatal, Puertos del Estado, marcara una línea común en este sentido. Planteo que se realizara en la superestructura que conforman los muelles de abrigo, unas superficies donde se pudiera dar cabida a una balsa de agua que posteriormente se pudiera hacer caer por gravedad en la cota baja de marea generando electricidad.

Es evidente que para realizar esto es necesario cambiar la forma actual de fondeo de cajones, y establecer una cota donde se pudiera macizar o construir ese tipo de balsa, para poder así no afectar al lastrado del cajón.

Un ejemplo de lo propuesto sería la figura adjunta.



Tema:

Estudio de Energías Alternativas en los Puertos.

Aplicación práctica: Puerto de Valencia

4. ANALISIS DEL CASO PARTICULAR DEL PUERTO DE VALENCIA

La Autoridad Portuaria de Valencia tiene un contrato de suministro eléctrico que ha ido creciendo a lo largo de los años. Dicho contrato ha experimentado un rápido aumento en el último año donde ha llegado a incrementar hasta en un 25 % su consumo energético en algún mes, dicho aumento pone de manifiesto la urgente necesidad de aumentar la capacidad eléctrica, para poder dar soporte a las crecientes necesidades.

Para cubrir esta necesidad se está desarrollando un proyecto de Subestación Eléctrica, que se prevé esté en funcionamiento para el año 2020. Independientemente de este escenario descrito, sería muy interesante implementar una serie de fuentes de energía renovable que permitan dar cobertura a ese aumento de necesidad de capacidad eléctrica, tendiendo al autoconsumo. Por esto, y por el compromiso que la Autoridad Portuaria de Valencia tiene con el medio ambiente, se desarrollan varios estudios de este tipo de energías, uno de energía eólica en la ampliación norte en la zona conocida como muelle de cruceros, y mas concretamente en la alineación denominada cruceros III, y uno de energía solar fotovoltaica en el espaldón del también muelle de cruceros, alineaciones denominadas Cruceros I y Cruceros II.

4.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN CRUCEROS I Y II

El objeto del presente proyecto es la Construcción de una Planta Solar Fotovoltaica de 645 KW_p, sin acumulación, de manera que se vierta directamente a la red en las horas de aporte solar.

4.1.1. Ubicación

La planta solar va a ser construida encima de la superestructura portuaria existente en las alineaciones I y II, del muelle de Cruceros. Dicha superestructura cuenta en su parte superior con una superficie con la resistencia necesaria para soportar el peso de la estructura y los paneles, estando además orientada al sur, lo que convierte dicho emplazamiento en la ubicación ideal.

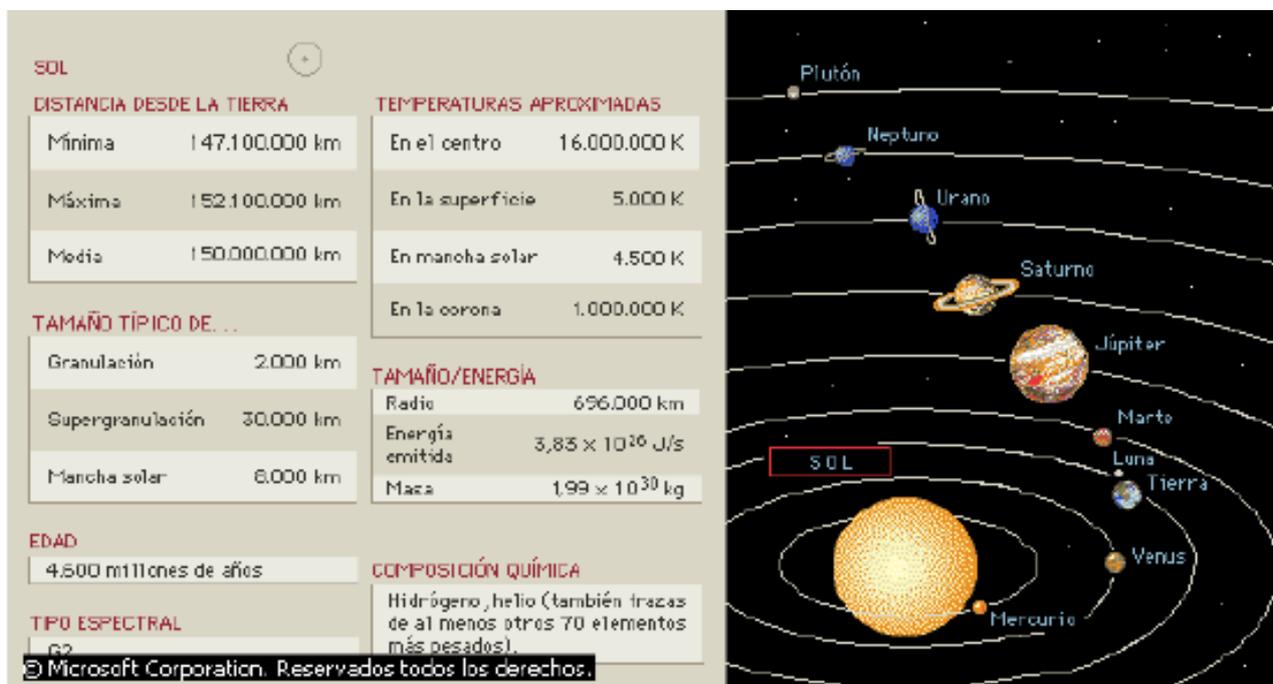
A continuación se presenta una imagen de la ubicación de la planta solar:



4.2. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR

4.2.1. Introducción

El Sol es la estrella que, por el efecto gravitacional de su masa, domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Mediante la radiación de su energía electromagnética, aporta directa o indirectamente toda la energía que mantiene la vida en la Tierra, porque todo el alimento y el combustible procede en última instancia de las plantas que utilizan la energía de la luz del Sol.



Los combustibles fósiles existen gracias a la fotosíntesis que convirtió la radiación solar en las plantas y animales de las que se formaron el carbón, gas y petróleo. El ciclo del agua que nos permite obtener energía hidroeléctrica es movido por la energía solar que evapora el agua, forma nubes y las lleva tierra adentro donde caerá en forma de lluvia o nieve. El viento también se forma cuando unas zonas de la atmósfera son calentadas por el sol en mayor medida que otras. Como vemos, la energía que procede del sol es fuente directa o indirecta de casi toda la energía que usamos.

La energía solar es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Esta llega a la Tierra a través del espacio en

cuantos de energía llamados fotones que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

El aprovechamiento directo de la energía del sol se hace de diferentes formas:

- a) Calentamiento directo de locales por el sol. En invernaderos, viviendas y otros locales, se aprovecha el sol para calentar el ambiente. Algunos diseños arquitectónicos buscan aprovechar al máximo este efecto y controlarlo para poder restringir el uso de calefacción o de aire acondicionado.
- b) Acumulación del calor solar. Se hace con paneles o estructuras especiales colocadas en lugares expuestos al sol, como los tejados de las viviendas, en los que se calienta algún fluido que almacena el calor en depósitos. Se usa, sobre todo, para calentar agua y puede suponer un importante ahorro energético si tenemos en cuenta que en un país desarrollado más del 5% de la energía consumida se usa para calentar agua.
- c) Generación de electricidad. Se puede generar electricidad a partir de la energía solar por varios procedimientos. En el sistema termal la energía solar se usa para convertir agua en vapor en dispositivos especiales. En algunos casos se usan espejos cóncavos que concentran el calor sobre tubos.

El uso pasivo de la energía solar se inició en un pasado muy lejano. En la antigua Grecia Sócrates señaló que la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno, explicando que "en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra".

Arquímedes, 212 años antes de Cristo, según la leyenda, utilizó espejos incendiarios para destruir los barcos romanos que sitiaban Siracusa. Roger Bacon, en el siglo trece, propuso al Papa Clemente IV el empleo de espejos solares en las Cruzadas, pues "este espejo quemaría ferozmente cualquier cosa sobre la que se enfocara.

En 1839, el científico francés Edmund Becquerel descubre el efecto fotovoltaico y en 1954 la Bell Telephone desarrolla las primeras células fotovoltaicas, aplicadas posteriormente por la NASA a los satélites espaciales Vanguard y Skylab, entre otros.

4.2.2. Tecnología solar fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos transforman la energía del sol en energía eléctrica

basándose en las propiedades de los materiales semiconductores como el silicio, o el arseniuro de galio. El efecto fotovoltaico se produce al incidir la luz sobre un material semiconductor que llamamos célula fotovoltaica. Cuando esto ocurre, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor de manera que se produce un flujo caótico de electrones en el interior de dicho material. Si se unen dos regiones de un semiconductor a las que artificialmente se ha dotado de concentraciones distintas de electrones (unión PN), mediante la adición de unas sustancias denominadas dopantes, como el fósforo o el boro, se provoca un campo electrostático constante que reconducirá el movimiento de los electrones en la dirección y sentido deseadas.

De ésta forma, cuando incide la radiación solar sobre la célula solar fotovoltaica, aparece en ella un tensión análoga a la que se produce entre los bornes de una pila. Mediante la colocación de contactos metálicos en cada una de las caras puede conseguirse que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generando así una corriente capaz de circular por un circuito externo para ser utilizada en distintas aplicaciones.

Los sistemas fotovoltaicos están formados por los siguientes elementos:

- Subsistema de captación, formado por los módulos fotovoltaicos, que transforman la radiación en electricidad.
- Subsistema de almacenamiento, encargado de almacenar la energía para cubrir la demanda en los momentos en los que la producción energética del sistema de captación sea insuficiente.

- Subsistema de regulación, encargado de regular la entrada de energía procedente del campo de captación dentro de la instalación.
- Subsistema de adaptación de corriente, encargado de adecuar las características de la energía generada en la instalación a las características demandadas por las aplicaciones.
- Cableado.
- Sistemas de protección.
- Cargas: Elementos de consumo de la energía obtenida.

Las células solares están hechas con obleas finas de silicio, arseniuro de galio u otro material semiconductor en estado cristalino y convierten la radiación en electricidad de forma directa. Ahora se dispone de células con eficiencias de conversión superiores al 30% pero se continúa investigando para conseguir porcentajes más altos de conversión energética.

A pesar de que el coste de la energía fotovoltaica aún es elevado, por medio de la conexión de muchas de estas células en módulos, el coste de la electricidad fotovoltaica se ha reducido mucho.

4.2.3. Dispositivos de almacenamiento de la Energía Solar

Debido a la naturaleza intermitente de la radiación solar como fuente energética, la energía solar sobrante durante los periodos de baja demanda debe almacenarse para cubrir las necesidades cuando la disponibilidad sea insuficiente. Para esto se suelen utilizar grupos de baterías. Es importante tener presente que la fiabilidad global de una instalación de energía solar fotovoltaica depende en gran medida de la del sistema de almacenamiento siendo por tanto un elemento al que se le debe de prestar la importancia que le corresponde.

Es necesario conocer algunos conceptos clave relacionados con el almacenamiento de la energía en baterías. Los más relevantes son:

- Capacidad. Es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo.
- Eficiencia de carga. Relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada.
- Autodescarga. Proceso por el cual las baterías tienden a descargarse sin estar en uso.
- Profundidad de descarga. El valor en tanto por ciento de la cantidad de energía que se ha sacado de una batería plenamente cargada en una descarga. Descargas superficiales (de menos del 20%), Descargas profundas (hasta el 80%).

Los diferentes tipos de baterías que encontramos son:

- Plomo-ácido (Pb-ácido)
- Níquel-Cadmio (Ni-Cd)
- Níquel-hierro (Ni-Fe)
- Níquel-zinc (Ni-Zn)
- Zinc-cloro (Zn-Cl₂)

La más utilizada es la batería de Pb-ácido por ser la que mejor se adapta a los sistemas de generación fotovoltaica. Dentro de este grupo encontramos baterías de dos clases, las de Plomo-Calcio (Pb-Ca) y las de Plomo-Antimonio (Pb-Sb). Las primeras tienen la ventaja de una menor autodescarga, así como un mantenimiento más limitado, mientras que las de Pb-Sb de tipo abierto y tubulares se deterioran menos con la sucesión de ciclos y presentan mejores propiedades para niveles de baja carga.

Las baterías de Ni-Cd tienen también cierta importancia por su implantación a nivel comercial. Éstas presentan ciertas ventajas frente a las de

Pb-ácido como las posibilidad de ser empleadas sin elemento regulador, la posibilidad de permanecer largo tiempo con bajo estado de carga, la estabilidad en la tensión suministrada y un mantenimiento mucho más espaciado en el tiempo.

4.2.4. Tipos de aplicaciones

Las aplicaciones podrían clasificarse en dos grandes grupos:

- Sistemas autónomos (independientes de la red eléctrica)
- Sistemas conectados a la red eléctrica

4.3. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL MUNDO

Si bien en la actualidad, la producción de energía eléctrica mediante instalaciones fotovoltaicas supone un 0,001% de la total producida en el mundo, el sector experimenta un crecimiento exponencial con un ritmo de alrededor del 30% anual, siendo la mayor barrera con la que se encuentra los altos costes de estas instalaciones. Los costes de implementación de los sistemas fotovoltaicos son cinco veces menores que hace veinte años, y se estima que son cinco veces mayores que los necesarios para que la tecnología sea económicamente viable sin necesidad de ayudas.

4.3.1. Situación en España

Las energías renovables contribuyen a la protección del medio ambiente en tanto que la generación de electricidad con estas fuentes de energía tiene un menor impacto medioambiental que la generación con fuentes fósiles, ya sea carbón, fueloil o gas natural. El incremento del consumo de electricidad generada por energías renovables producido en los últimos años, aun siendo importante, no resulta suficiente para cumplir los compromisos adquiridos por España en el marco del Protocolo de Kyoto ni para alcanzar el objetivo del 12% de consumo de energías renovables que se estableció para el año 2010, sobre el total de la demanda, que establecía el Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010.

Cabe recordar que España adquirió el compromiso de no incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero por encima del 15% en el año 2010, con respecto a las emisiones totales de 1990. Los datos presentados por el Ministerio de Medio Ambiente calculan un crecimiento en el año 2000 —sobre las cifras de 1990— muy por encima del compromiso futuro, del orden del 33%, lo que refuerza el argumento de que es necesario incrementar los esfuerzos de todas las Administraciones en la lucha contra el cambio climático y, en lo que tiene que ver con el sector energético, de manera preferente, aquellos esfuerzos dirigidos a incrementar la eficiencia energética y a salvar las barreras que obstaculizan el uso creciente de energías renovables.

Desde la aprobación del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010 (PFER) y hasta finales del 2004, el consumo global de energías renovables ha aumentado en España en dos millones setecientas mil toneladas equivalentes de petróleo (tep) anuales, lo que supone un crecimiento significativo, aunque insuficiente para alcanzar los objetivos fijados por el Plan. Hasta finales de 2004, se había cumplido el 28,4% del objetivo del incremento global. Este dato, por sí mismo, justifica la decisión de revisar los objetivos del PFER mediante la elaboración de un Plan de Energías Renovables 2005-2010.

Durante el 2004, y pese al mal año hidráulico, las energías renovables lograron cubrir el 19,4% de la generación eléctrica bruta. Los más de 24 GW de potencia instalados en centrales de aprovechamiento de recursos renovables corresponden, en un 61%, a centrales hidráulicas de más de 10 MW de potencia, y en un 30% a instalaciones eólicas.

El sistema de apoyo vigente en España para la electricidad de origen renovable —garantía de compra de la electricidad renovable producida a un precio fijo por encima del precio medio de mercado de la electricidad— explica en cierta medida el incremento de potencia anual, que por otra parte no habría tenido lugar en ausencia de las mejoras tecnológicas alcanzadas en los diferentes sectores.

Por ejemplo, el desarrollo de la energía solar en Alemania —unas 10 veces superior a la generación solar en España, aun con una radiación solar inferior— sólo se justifica por el alto desarrollo tecnológico de este sector en Alemania

unido a las políticas de apoyo sobre la energía producida. En el caso de la energía eólica, el aumento del tamaño medio de los aerogeneradores, la mejora de los rendimientos y el desarrollo de sistemas de predicción, entre otros avances tecnológicos, explican el gran crecimiento de este sector tanto en España como en el resto de la Comunidad Europea.

Por tanto, uno de los pilares para lograr el cumplimiento de los objetivos sobre consumo de energías renovables, descansa sobre la intensificación de las actividades de investigación y desarrollo no sólo desde un punto de vista puramente tecnológico, sino también incorporando actuaciones de innovación en aspectos socio-económicos, legislativos y normativos o en actividades de formación y difusión.

Estas actividades de I+D+i deberían estar encaminadas a superar dos retos comunes a la mayoría de las fuentes de energía renovables como son:

- Reducción de los costes tanto de la potencia instalada como de la energía producida, para alcanzar precios competitivos frente a otras fuentes tradicionales.
- Favorecer la integración a gran escala de las energías renovables aportando soluciones tecnológicas que faciliten su incorporación al sistema eléctrico actual y a su vez tengan en cuenta cuestiones de tipo social, legal o económicas que pudieran constituir una barrera para su desarrollo.

El principal objetivo en el sector de la energía solar fotovoltaica es el desarrollo de células más eficientes y baratas, con una tendencia a comercializar módulos con un número de células cada vez mayor. En este sentido destaca el posible empleo de avances en el campo de la nanotecnología. También son importantes otros avances tecnológicos orientados a mejorar la eficiencia de las instalaciones mediante sistemas de seguimiento solar o la mejora de las prestaciones de los convertidores de conexión a red. Por último, cabe destacar la importancia de facilitar la integración de la energía fotovoltaica en edificios buscando un equilibrio entre estética y funcionalidad.

Otro de los parámetros a tener en cuenta en el desarrollo de las energías renovables es el de la creación de empleo y de nuevas iniciativas empresariales. La Base de Datos de Empresas de Energías Renovables que mantiene el IDAE contabilizaba en Junio de 2002 cerca de 700 empresas, en su mayoría, pequeñas empresas de menos de 25 empleados. El reducido tamaño de las empresas obedece al carácter descentralizado y disperso de los proyectos de aprovechamiento de las fuentes energéticas renovables, que se localizan donde se localiza el recurso. Más de 400 empresas se encargan del desarrollo integral de proyectos y alrededor de 370 de la instalación de equipos. Por áreas, son cerca de 300 las empresas que operan en solar térmica y fotovoltaica, superando esta cifra las empresas que operan en el sector eólico.

Las empresas españolas de energías renovables realizan su actividad, no sólo en el territorio nacional, sino fuera de sus fronteras: alrededor de 290 empresas declaran realizar u ofertar sus servicios en el exterior, principalmente, en América Latina, Portugal, África y el resto de la Unión Europea. Esta realidad confirma el pronóstico de la Comisión Europea cuando, en el propio Libro Blanco de las Energías Renovables, destacaba, entre otras razones para la promoción de estas energías, las nuevas oportunidades de negocio para las empresas europeas en mercados en los que los consumos energéticos se preveían crecientes: Asia, América Latina y África.

La disponibilidad energética de las fuentes de energía renovable es mayor que las fuentes de energía convencionales, sin embargo su utilización es escasa. El desarrollo de la tecnología, el incremento de la exigencia social y los costos más bajos de instalación y rápida amortización, están impulsando un mayor uso de las fuentes de energía de origen renovable en los últimos años.

De igual modo, el cuestionamiento del modelo de desarrollo sostenido y su cambio hacia un modelo de desarrollo sostenible, implica una nueva concepción sobre la producción, el transporte y el consumo de energía.

En este modelo de desarrollo sostenible, las energías de origen renovable, son consideradas como fuentes de energía inagotables, y con la peculiaridad de ser energías limpias, con las siguientes características: suponen un nulo o escaso

impacto ambiental, su utilización no tiene riesgos potenciales añadidos, indirectamente suponen un enriquecimiento de los recursos naturales y son una alternativa a las fuentes de energía convencionales, pudiendo sustituirlas paulatinamente.

4.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a la problemática energética actual, son cada vez más los que apuestan por las energías renovables como las alternativas del futuro. De entre ellas cabe destacar de manera especial la energía solar.

La energía que diariamente nos llega del sol a la tierra sería suficiente para abastecer la demanda anual de energía de toda la población. De ahí la enorme riqueza de esta fuente energética. El problema con el que nos enfrentamos es su correcto aprovechamiento.

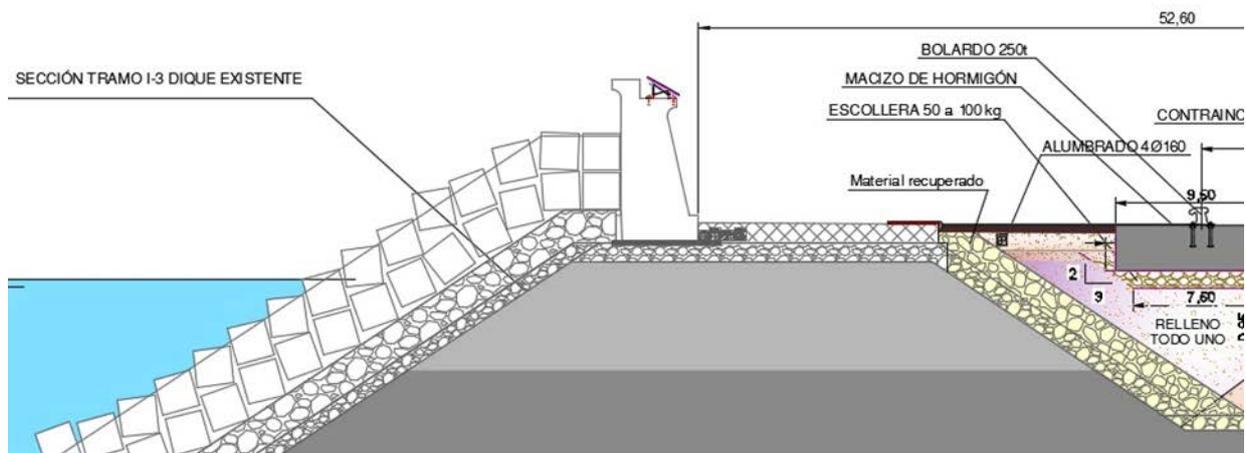
Añadido a sus innumerables posibilidades, sobre todo en un país como el nuestro en el que el nivel de insolación es altísimo, debemos señalar que la energía solar se trata de una energía limpia que no precisa de combustible y no contamina, además de ser una fuente totalmente silenciosa y que no requiere prácticamente mantenimiento. Por todas estas razones, y algunas otras que comentaremos más adelante, la energía solar ha pasado a cobrar un protagonismo significativo en la planificación energética y en los objetivos de investigación.

4.4.1. Energía producida por la instalación fotovoltaica

El puerto tiene una capacidad de consumo muy elevada por lo que el límite de la potencia instalada lo he fijado por la superficie disponible.

4.4.2. Superficie disponible y potencia a instalar.

La superficie disponible es la formada por el espigón que protege del Muelle de Cruceros Uno y Dos. La potencia obtenida para esta superficie es 645 kWp.



4.4.3. Producción estimada de la instalación

Como la potencia máxima es de 645 kWp. La producción de la instalación con 30° de inclinación y orientación sur-oeste, en las instalaciones del puerto de Valencia situada en las coordenadas 39° 26' 30" N y 0° 19' 17" O corresponde a 1590 kWh/kWp anuales, que se distribuyen a lo largo del año de la siguiente manera:

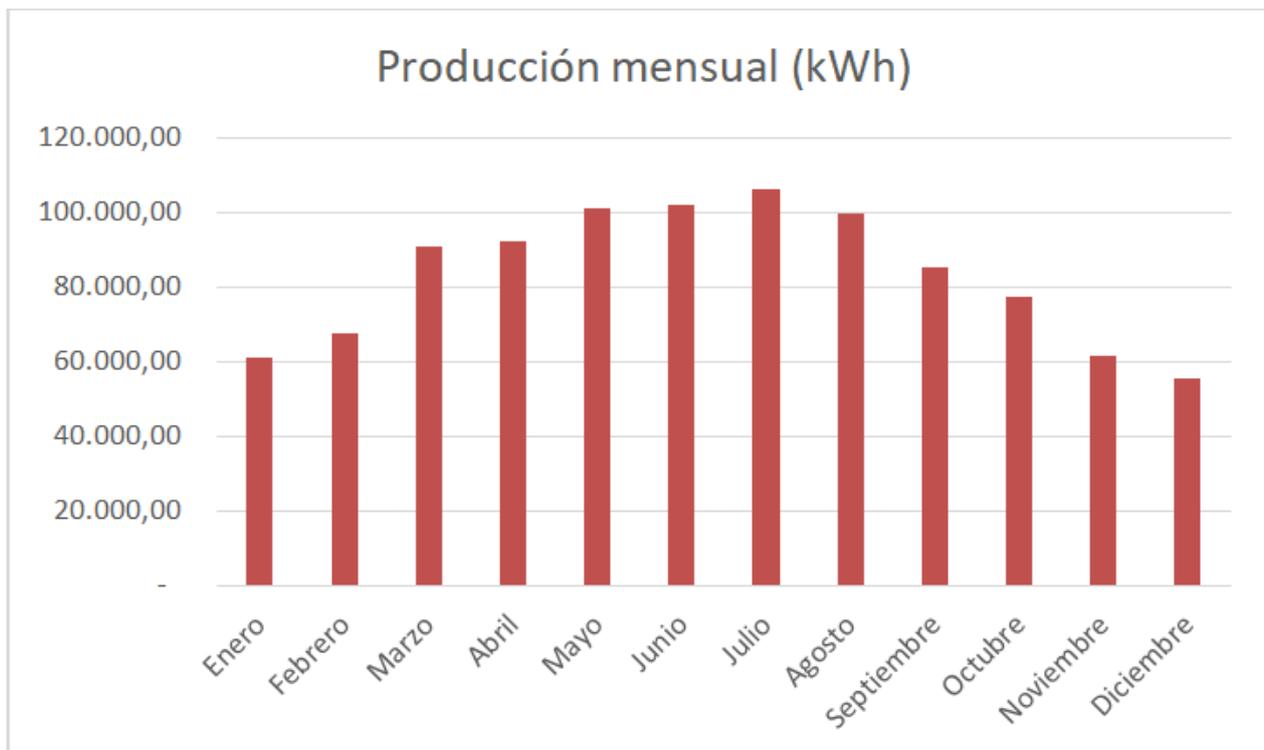
Producción de electricidad FV por 1 kWp, Pérdidas del sistema=35.0% Inclín.=35 grado, Orient.= Sur		
Mes	Producción mensual (kWh)	Producción
Enero	102	3.29
Febrero	111	3.96
Marzo	146	4.73
Abril	146	4.86
Junio	156	5.04
Julio	156	5.20
Agosto	163	5.27
Septiembre	154	4.96
Octubre	136	4.53
Media anual		1590

Producción de electricidad FV por 1 kWp,

Siendo la producción para los 645 kWp instalados la que reflejamos en la siguiente tabla.

Mes	Producción mensual (kWh)	Producción diaria (kWh)
Enero	61.200,00	1.970,00
Febrero	67.700,00	2.420,00
Marzo	90.700,00	2.930,00
Abril	92.300,00	3.080,00
Mayo	101.000,00	3.250,00
Junio	102.000,00	3.390,00
Julio	106.000,00	3.430,00
Agosto	99.400,00	3.210,00
Septiembre	85.100,00	2.840,00
Octubre	77.200,00	2.490,00
Noviembre	61.300,00	2.040,00
Diciembre	55.200,00	1.780,00
Total/media	999.100,00	2.735,83

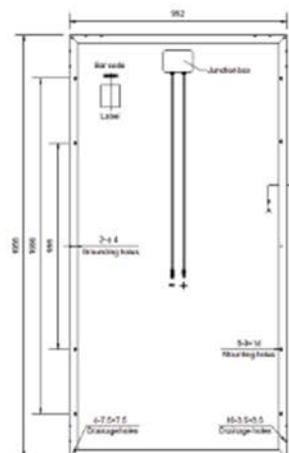
Si representamos la producción anterior a lo largo del año se obtiene la siguiente gráfica.



En el gráfico anterior se puede comprobar que la producción varía bastante a lo largo del año con una diferencia entre el mes de máxima producción, julio 106.000 kWh, y el de menor producción, diciembre con 55.200 kWh.

4.4.4. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

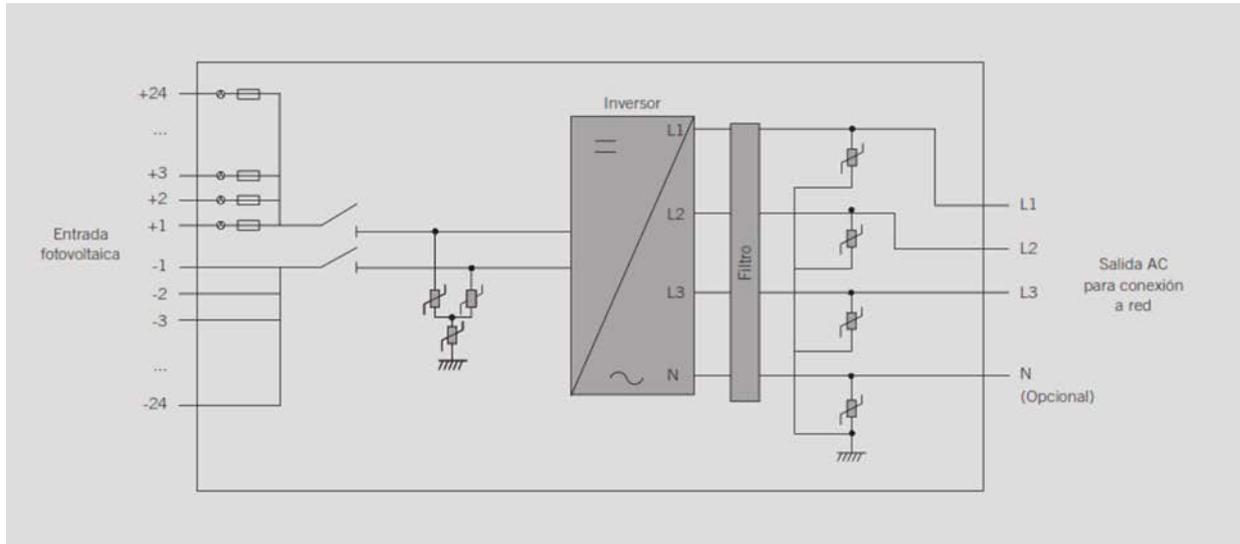
La instalación se compone de 2.016 módulos fotovoltaicos de 320 Wp con las siguientes características:



Características técnicas

Medida	SCL-320P1
Potencia máxima (Pmax) [w]	320
Voltaje a potencia máxima (Vmp) [V]	45.7
Intensidad a potencia máxima (Imp) [A]	9.00
Voltaje en circuito abierto (Voc) [V]	37.1
Intensidad de cortocircuito (Isc) [A]	8.63
Tolerancia de potencia [W]	0/3%

Los 2.016 módulos se reparten en 6 Instalaciones de 107 kWp con 21 strings de 16 módulos (9 A, 750 Vcc) que entran directamente en el inversor de 100 kW nominales.



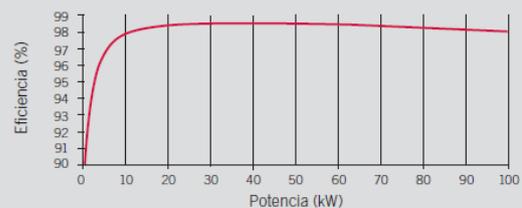
Para transformar la electricidad de corriente continua a corriente alterna trifásica de 50Hz y 3/230V (230 V entre fase y neutro), se propone la instalación de INGECON SUN 100TL PRO, con las siguientes características técnicas.

	100TL				
Valores de Entrada (DC)					
Rango pot. campo FV recomendado	91,1 - 117 kWp	96,2 - 123,5 kWp	101,2 - 130 kWp	106,3 - 136,5 kWp	111,3 - 143 kWp
Rango de tensión MPP ⁽¹⁾	513 - 850 V	541,5 - 850 V	570 - 850 V	598,5 - 850 V	627 - 850 V
Tensión máxima ⁽²⁾	1.100 V				
Corriente máxima ⁽³⁾	185 A				
Corriente de cortocircuito	240 A				
Entradas (STD / PRO)	1 / 24				
MPPT	1				
Valores de Salida (AC)					
Potencia nominal	90 kW	95 kW	100 kW	105 kW	110 kW
Máx. temperatura a potencia nominal ⁽⁴⁾	50 °C				
Corriente máxima	145 A				
Tensión nominal	360 V	380 V	400 V	420 V	440 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz				
Factor de Potencia	1				
Factor de Potencia ajustable ⁽⁵⁾	Sí. Smáx=90 kVA Qmáx=54 kVAR	Sí. Smáx=95 kVA Qmáx=57 kVAR	Sí. Smáx=100 kVA Qmáx=60 kVAR	Sí. Smáx=105 kVA Qmáx=63 kVAR	Sí. Smáx=110 kVA Qmáx=66 kVAR
THD	<3%				
Rendimiento					
Eficiencia máxima	98,8%				
Euroeficiencia	98,1%				

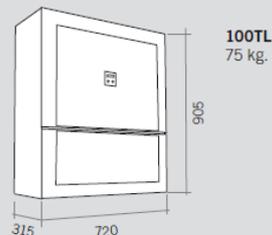
Datos Generales	
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada
Caudal de aire	570 m ³ /h
Consumo en stand-by	20 W
Consumo nocturno	1 W
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 60 °C
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%
Grado de protección	IP65 / NEMA 4
Interruptor diferencial	1.000 mA
Altitud máxima ^(a)	3.000 m
Conexión	AC: Máxima sección: 240 mm ² (un cable) Conexión DC (STD): Máxima sección: 300 mm ² (un cable) Conexión DC (PRO): 6 mm ² (24 pares de conectores PV-Stick) Permitido el cableado en cobre y aluminio, tanto en DC como en AC
Marcado	CE
Normativa EMC y de seguridad	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, IEC60068-2-1:2007, IEC60068-2-2:20007, IEC60068-2-14:2009, IEC60068-2-30:2005, IEC62116, IEC61683 y EN50530
Normativa de conexión a red	IEC61727, CEI 0-21:2016-07, CEIO-16:2012-12 + V1:2013-12 + V2:2016-07, EN50438:2013, BDEW Guideline, AS4777.2:2015, NDU-015:2012, ABNT NBR 16149:2013, ABNT NBR 16150:2013, DEWA

Notas: ⁽¹⁾ $V_{mpp,min}$ es para condiciones nominales ($V_{ac}=1$ p.u. y Factor de potencia=1). $V_{mpp,min}$ dependerá de la tensión de red (V_{ac}), de acuerdo con esta relación: $V_{mpp,min}=1.425 \cdot V_{ac}$ ⁽²⁾ El inversor no entra en funcionamiento hasta que $V_{dc} < 1.000$ V ⁽³⁾ La corriente máxima por conector FV es 11 A para la versión PRO ⁽⁴⁾ Por cada °C de aumento, la potencia de salida se reducirá un 2,3% ⁽⁵⁾ $Q=0$ fuera del rango de tensión MPP ⁽⁶⁾ Por encima de 1.000 m, la temperatura máxima para entregar potencia nominal se reduce a razón de 5,5°C por cada 1.000 m adicionales.

Rendimiento INGECON® SUN 100TL $V_{dc} = 570$ V



Dimensiones y peso (mm)



4.4.5. Resumen de componentes

Componente	Modelo	Unidades
Paneles fotovoltaicos	Policristalino 320 Wp	2.016 ud
Inversores	INGECON SUN TL100 P	6 ud
Estructura	Acero Galvanizado	
Cableado paneles-inverores (CC)	Solar 2x16 mm ² Cu	
Cableado Cuadro C.A a Conexión.	4x120 mm ² Cu	

Tema:

Estudio de Energías Alternativas en los Puertos.

Aplicación práctica: Puerto de Valencia

4.4.6. Conclusiones y estudio económico de la planta solar fotovoltaica:

El sistema fotovoltaico propuesto es capaz de suministrar gran cantidad de energía, con un aporte de aprox. 1 GWh. Esta generación en el sistema de tarifa 6.1A que actualmente tiene contratada la APV quedaría con la siguiente distribución de precio y coste evitado de compra de energía de red:

PRECIO DE LA ENEGIA GENERADA A PRECIO COMPRA APV							
Precios	0,13	0,10	0,10	0,08	0,08	0,06	
Periodo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	2.963,34	3.906,05	-	-	-	-	6.869,39 €
Febrero	3.278,07	4.320,91	-	-	-	-	7.598,98 €
Marzo	-	-	2.217,54	5.645,86	-	-	7.863,41 €
Abril	-	-	-	-	7.098,88	-	7.098,88 €
Mayo	-	-	-	-	7.768,00	-	7.768,00 €
Junio	5.136,45	1.057,89	2.493,82	2.116,42	-	-	10.804,58 €
Julio	10.675,76	2.198,75	-	-	-	-	12.874,51 €
Agosto	-	-	-	-	-	5.656,86	5.656,86 €
Septiembre	-	-	3.745,13	3.884,67	-	-	7.629,80 €
Octubre	-	-	-	-	5.937,52	-	5.937,52 €
Noviembre	-	-	2.697,72	2.798,24	-	-	5.495,96 €
Diciembre	2.672,81	3.523,11	-	-	-	-	6.195,92 €
Coste Periodo	24.726,42 €	15.006,71 €	11.154,21 €	14.445,20 €	20.804,40 €	5.656,86 €	91.793,79 €

El coste de la instalación propuesta según el presupuesto adjunto es 728.830 euros por lo que la instalación tendrá un periodo de retorno menor a 8 años al precio actual de la energía.

4.5. DESCRIPCIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

El recurso energético utilizado por las instalaciones fotovoltaicas es la radiación solar. La energía captada por una superficie situada en la superficie terrestre depende principalmente de su ubicación geográfica, de las condiciones climatológicas y de su posición relativa respecto al Sol (orientación e inclinación).

Una medida de la energía procedente del Sol la constituye la constante solar. Se denomina así a la energía que por unidad de tiempo recibe fuera de la atmósfera terrestre la unidad de superficie perpendicular a la dirección de los rayos solares en su distancia media. El valor que se admite actualmente es de 1.354 W/m² que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1.395 W/m² y un valor mínimo en el afelio de 1.308 W/m²

Se entiende por irradiancia la potencia incidente por unidad de superficie, siendo común expresarla en W/m^2 . A la cantidad de energía incidente por unidad de superficie se la conoce como irradiación, y suele expresarse en Wh/m^2 . En función de los tres factores mencionados anteriormente, estos parámetros varían sobre la superficie terrestre.

La influencia de la ubicación geográfica se refiere a que la posición de la Tierra respecto del Sol varía a lo largo del año, por lo que nos encontraremos lugares con mayor irradiación que otros simplemente debido a las condiciones en que los rayos solares alcanzan la superficie terrestre (perpendicularidad).

Las condiciones meteorológicas hacen referencia al estado de la atmósfera y su capacidad para absorber o reflejar parte de la energía procedente del sol. Juegan un papel importante en este caso factores como la nubosidad o calidad del aire. Para una superficie dada, se pueden compensar los efectos negativos de determinadas situaciones geográficas variando su posición relativa respecto al Sol.

Dicha superficie puede inclinarse y orientarse hacia el Sol, buscando la perpendicularidad a los rayos solares, de manera que la energía captada sea la mayor posible en esa localización.

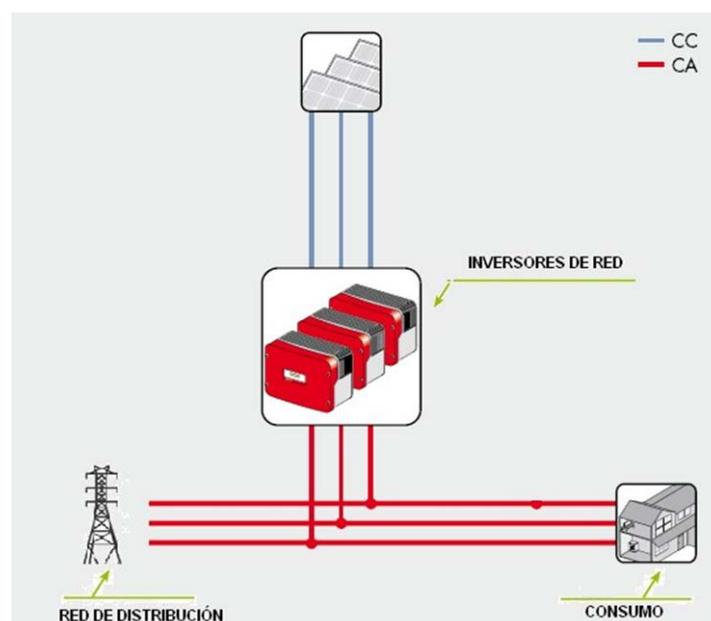
Como efecto de las causas anteriores se tiene que la irradiación captada en la superficie terrestre puede clasificarse de la siguiente manera:

- Irradiación directa: la recibida del Sol sin tener en cuenta la dispersada por la atmósfera.
- Irradiación difusa: la dispersada por los distintos componentes de la atmósfera.
- Irradiación reflejada: la incidente en la superficie procedente del reflejo de las superficies colindantes. También se conoce con el nombre de albedo.
- Irradiación global: la suma de la directa, la difusa y la reflejada.



La medida de la irradiación sobre la superficie horizontal terrestre puede realizarse por varios métodos, siendo el más común la recogida de datos en estaciones meteorológicas ubicadas en puntos concretos. Los datos utilizados para este proyecto han sido registrados por el Instituto Nacional de Meteorología (INM) en la estación meteorológica situada en la ciudad de Valencia, y se muestran en la tabla 2. Se recogen además las temperaturas medias durante las horas de sol y la situación geográfica de la estación meteorológica.

En la instalación el total de la energía generada será consumida , no produciendo vertido a red, con lo que el esquema general de la instalación será el siguiente:



4.6. ENERGIA EOLICA EN EL PUERTO DE VALENCIA

4.6.1. Objeto

En esta parte realizare un analisis de instalación de energía eolica Inshore en el interior del Puerto de Valencia, en la Ampliación Norte más concretamente en la denominada alineación Cruceros III.



4.6.2. Criterios de diseño

Es el problema de la variación de los vientos por zonas, con las cimentaciones resultantes de los generadores a instalar, el que cambia ó puede cambiar completamente todo el estudio de energía eólica inshore, por esto se va a optar por hacer una estimación no abordando con profundidad los terminos de diseño.

Tambien hay que tener en cuenta que se ha de realizar un estudio previo que determine que tipo de aerogenerador es mas adecuado para los vientos de la zona, y una vez obtenido el resultado tratar de buscar emplazamiento para dichos aerogeneradores, por el comentado problema de asegurar la estabilidad de los mismos.

Teniendo en cuenta que los generadores eólicos dan una curva de explotación donde suele ser aprovechable el 30% de la energía instalada, y teniendo en cuenta que según la curva de consumo de APV el valle podría estar entorno a los 7 MW, sería interesante realizar una estimación de una instalación de dos aerogeneradores de 4 MW, teniendo siempre presente que la potencia instalada no puede superar nunca a la contratada por ley, y que, a día de hoy, la APV cuenta con una energía contratada de 11 MW en una tarifa 6.1A.

No obstante sería realmente interesante una vez realizado el estudio definitivo de vientos de la zona, realizar un concurso de adjudicación de una concesión, si es posible, en el dominio público portuario, mas concretamente en la zona 2 de aguas no abrigadas, tratar de disponer un parque de aerogeneradores offshore que con los fuertes vientos de la zona, pueda llegar a resultar interesante para las empresas generadoras.

4.7. MARCO REGULATORIO

La Ley 54/1997 consideraba como uno de sus objetivos el desarrollo de las energías renovables y en ella se estableció el compromiso de elaborar un Plan de Fomento de las Energías Renovables, que fue aprobado el 30 de diciembre de 1999.

En este Plan se adopta como objetivo el alcanzar, por cada una de las áreas de energías renovables, un desarrollo para cubrir, en su conjunto, al menos el 12% del consumo de energía primaria en el año 2010. Además, se definió un nuevo modelo de funcionamiento del sector eléctrico, introduciendo la liberalización de la actividad de generación implantándose un mercado de ofertas competitivas, en base al cual, se determina el despacho de los diferentes grupos. A la vez se posibilita la aplicación futura de otros tipos de contratos al margen de este mercado, tanto físicos como financieros.

A partir de esta Ley se ha desarrollado, haciendo referencia de forma directa a los Sistemas Fotovoltaicos de Conexión a Red (SFCR).

4.7.1. Real decreto 436/2004

Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en el régimen especial. Las principales variaciones que afectan a los sistemas fotovoltaicos son:

- Se eleva el escalón de potencia desde los 5 a los 100 kW, de manera que todas las instalaciones hasta este nivel de potencia cobrarán la máxima retribución por la energía que produzcan.
- La retribución pasa a ser una venta a tarifa regulada, la cual se define como un porcentaje de la tarifa media de referencia del sistema eléctrico español. De esta manera se tiene un escenario de evolución más previsible y estable para el desarrollo de inversiones.
- Se respeta el concepto de parques o huertas solares, al permitir que, a efectos de retribución del Kwh., varios inversores con distintos titulares no sumen potencia si conectan a la misma red de distribución (mismo secundario del transformador de distribución).

4.7.2. Real decreto 1663/2000

Describe los requisitos técnicos de conexión a red que un SFCR debe cumplir. Principalmente hace referencia a los sistemas de seguridad (para personas, para equipos y para mantenimiento de la calidad de red). Es válido para sistemas de hasta 100 Kw. y conexión en Baja Tensión.

4.7.3. Resolución del 31 de Mayo de 2002 de la Dirección General de Política Energética y Minas.

Fija el contrato-tipo que debe ser firmado por el usuario del SFCR y la compañía eléctrica a la que se conecta el sistema y la factura resultante. Se basa en el R.D. 1663/2000 y es válido únicamente para sistemas hasta 100kW de conexión en Baja Tensión.

4.7.4. Real decreto 841/2002

Real Decreto 841/2002 del 2 de agosto de 2002, por el que se establecen modificaciones en el R.D. 2818/1998 en relación con la separación de la

producción de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica y solar termoeléctrica y puntualización de aspectos en la definición de las potencias de la instalación.

Debido al creciente aumento del precio de la energía eléctrica, con mayores aumentos aun previstos en un futuro inmediato, se hace rentable económicamente la instalación de paneles fotovoltaicos para autoconsumo de la energía generada, reduciendo de esta manera la factura eléctrica mensual.

4.7.5. Real decreto 1699/2011

El Real Decreto 1699/2011 establece el procedimiento por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

A los efectos de la clasificación del RD 900/2015 la modalidad de autoconsumo es la tipo 2: corresponde a la modalidad de suministro con autoconsumo definida en al artículo 9.1.b) y 9.1.c) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre.

Las instalaciones de producción acogidas a la modalidad de autoconsumo tipo 2 deberán cumplir, en función de sus características técnicas, lo siguiente:

TIPO 2 GENERACIÓN CON AUTOCONSUMO
REQUISITOS Y CARACTERÍSTICAS:
- POTENCIA GENERACIÓN \leq POTENCIA CONTRATADA CONSUMO
- OBLIGACIÓN TRAMITAR CONEXIÓN CON LA EMPRESA DISTRIBUIDORA, INCLUSO AUNQUE NO SE PREVEA EL VERTIDO DE ENERGÍA A LA RED
- OBLIGACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO DE INSCRIBIRSE EN EL REGISTRO ADMINISTRATIVO DE AUTOCONSUMO
- OBLIGACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN DE INSCRIBIRSE EN EL REGISTRO DE GENERACIÓN CORRESPONDIENTE
- LA ENERGÍA EXCEDENTARIA VERTIDA A LA RED PODRÁ RECIBIR UNA CONTRAPRESTACIÓN ECONÓMICA DE ACUERDO A LA LEGISLACIÓN VIGENTE Y DEBERÁ SATISFACER LOS CORRESPONDIENTES PAJES DE GENERACIÓN
- EL TITULAR DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO TENDRÁ QUE SATISFACER LOS HABITUALES PEAJES POR LA ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN
- EL TITULAR DEBERÁ SATISFACER LOS CORRESPONDIENTES PEAJES ASOCIADOS A COSTES DEL SISTEMA Y POR CARGOS A OTROS SERVICIOS DEL SISTEMA (PEAJES POR LA ENERGÍA ATUCONSUMIDA) ⁽²⁾

El fin de la instalación propuesta es producir energía que será consumida en las propias instalaciones del puerto, sin venta de excedentes, es decir solo aquella que no sea consumida instantáneamente en la red interior será vertido a la red pero sin percibir ninguna contraprestación por ello.

Se dispondrá de un equipo de medida que registre la energía neta generada de la instalación de generación y de otro equipo de medida independiente en el punto frontera de la instalación. La energía neta generada será la definida en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico aprobado por Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto.

4.8. NORMATIVA DE APLICACIÓN

- LEY 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico.
- REAL DECRETO 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

- REAL DECRETO 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba los puntos de medida del sistema eléctrico.
- REAL DECRETO 1802/2003, de 26 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2004.
- Guía Técnica de aplicación: Reglamento Electrónico para baja tensión (Noviembre 2003).
- REAL DECRETO 1436/2002, de 27 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2003.
- REAL DECRETO 1433/2002, de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- NUEVO REGLAMENTO DE BT (Aplicable a partir del 18 de septiembre de 2003). RD 842/2002 de 2 de agosto.
- Real Decreto 1995/2000, de 1 de diciembre por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- REAL DECRETO-LEY 6/2000, de 23 de junio, de Medidas Urgentes de Intensificación de la Competencia en Mercados de Bienes y Servicios
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico.
- Real Decreto 1995/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.

5. CONCLUSION

Sería interesante y muy necesario que en el sistema portuario Español se aumentara la inclusión de diferentes soluciones constructivas para albergar en su interior energías renovables. Si se tuviera en cuenta factores como las carreras de mareas en los puertos que antes hemos determinado como ideales para minihidraulica, se podrían preestablecer superficies en los cajones de las obras maritimas por ejemplo, donde se acumulara el agua para su posterior vertido de nuevo al mar, pero con el aprovechamiento de esa energia cinetica y potencial convertida en energia electrica.

Otro hecho interesante sería, en función de la fisiología del cajón tratar de realizar una parte de coronación que aprovechara al máximo su superficie de cara a implantar energía solar fotovoltaica, e incluso dotarlos de mayor peso en según que casos, para que albergaran energía eolica, que tan buen resultado da en casi la totalidad de los puertos españoles.

Los puertos deberian contar dentro de su politica de bonificaciones ambientales, con diferentes instrumentos que convirtieran este tipo de infraestructuras de generación de energía renovable, en inversiones interesantes para que tuvieran mas desarrollo. Hay que tener en cuenta que al realizar este tipo de inversiones en generación sostenible medioambientalmente, se mejora la huella de carbono de las empresas consumidoras, por lo que tiene sentido que sea tratado como bonificación ambiental.

Para terminar, querría hacer constar que las energias renovables son el futuro del desarrollo de los puertos, donde el camino a seguir debería ser tratar de llegar a la capacidad electrica neta en autoconsumo, de manera que pueda ser completamente autónomo e independiente electricamente, de las empresas distribuidoras de electricidad.