

# RECURSOS ENERGÉTICOS Y PARQUES EÓLICOS EN EL LITORAL DE GALICIA Y NORTE DE PORTUGAL

*Juan Manuel Fernández Suárez<sup>1</sup>, Juan Román Acinas García<sup>2</sup>*

(1) Juan Manuel Fernández Suárez<sup>1</sup>: Técnica y Proyectos, S.A. (TYPESA), jfsuarez@typsa.es

(2) Juan Román Acinas García<sup>2</sup>: Universidade da Coruña, jacinas@udc.es

## RESUMEN

### 1. ENERGÍAS ALTERNATIVAS

El escenario energético actual se caracteriza por el agotamiento de los combustibles fósiles, el crecimiento de su consumo, el aumento de emisiones a la atmósfera y la posible influencia de los procesos de combustión en el cambio climático.

Estos hechos nos invitan a considerar el mar y el viento como fuentes de energía limpias e inagotables, por lo que la predicción del clima marítimo y el abastecimiento energético aparecen como retos fundamentales de la ingeniería del siglo XXI.

Existe una gran variedad de energías alternativas. De todas ellas, la eólica es especialmente atractiva. No genera residuos y por tanto no contamina, es inagotable, su tecnología está completamente desarrollada e implantada, es más rentable que otras energías limpias, es compatible con otros usos del suelo, y además, y muy importante, el desmantelamiento de la estructura es sencillo y permite recuperar el estado natural previo a la instalación.

Estos argumentos y el hecho de contar con condiciones naturales favorables hacen pensar que la costa Noratlántica de la península Ibérica es un emplazamiento susceptible de explotación energética a gran escala en un futuro próximo.

### 2. LA ENERGÍA EÓLICA MARINA EN EL MUNDO

Dinamarca fue el primer país en construir centrales eólicas marinas, y su objetivo es conseguir en 2030 la instalación en el mar de 4.000 Mw. En 1991 construye el parque de Vindeby en el mar Báltico con 11 aerogeneradores de 450 Kw de potencia unitaria. En la actualidad concentra el 39% de la producción mundial de la energía que se genera en los parques eólicos marinos.

En enero de 2008, el presidente de la Comisión Europea y los comisarios de Energía, Medioambiente y Competencia, presentan en Bruselas la directiva de promoción de energías renovables, el Plan Energético 20-20-20, cuyo objetivo es que las energías limpias alcancen, en 2020, en Europa el 20% de la energía primaria, disminuyendo así las emisiones de CO<sub>2</sub> un 20%. Los parques eólicos marinos son imprescindibles para cumplir este objetivo.

Se estima que en Europa sería posible la instalación antes de 2010 de 11 Gw, y 70 más hasta el año 2020. La mayor parte de los proyectos a corto plazo están previstos en Alemania, Reino Unido e Irlanda, y buena parte de ellos se proyectan en aguas profundas.



**Figura 1.-** Aerogeneradores en el puerto de Rotterdam y a lo largo del Plan Delta, Países Bajos. JRA, 2007

A pesar de que España carece de parques marinos, se ha despertado gran interés por este tipo de instalaciones. Los esfuerzos de las Administraciones y la nueva legislación vigente, indican que pronto contaremos con parques eólicos en el mar.

De acuerdo con el Plan Energético 20-20-20 elaborado por la Comisión Europea, España podría instalar 25,5 Gw de potencia eólica marina hasta 2020, el doble de la que actualmente hay en eólica terrestre.

### 3. PROYECTOS DE PARQUES EÓLICOS EN PUERTOS

Los puertos industriales y su entorno son emplazamientos privilegiados para la construcción y explotación de parques eólicos. Estos parques se instalan sobre infraestructuras que se adentran en el mar y sobre el entorno inmediato de la zona de servicio del puerto. De esta forma se aprovechan de las condiciones de generación eólica que presenta el mar y de la tecnología ya experimentada con los molinos cimentados en tierra.

Los parques en funcionamiento al sur de Ebeltoft, en la costa este danesa, en el puerto de Rotterdam, a lo largo del Plan Delta en los Países Bajos, en el puerto de Marsella y en el puerto de Bilbao, son pioneros y claros ejemplos de la viabilidad de estos proyectos.

La construcción de parques eólicos en los puertos españoles ha comenzado. Bilbao inaugura en 2006 el primer parque portuario y en la actualidad un segundo parque se encuentra pendiente de licitación. Valencia estudia la instalación de una planta eólica acompañada de una central fotovoltaica. Santander, de igual forma, comienza a valorar la viabilidad de este tipo de instalaciones. En Gijón, a pesar de que un primer concurso se ha declarado desierto, no se descarta la construcción en el futuro de un parque eólico en la ampliación de El Musel. Las nuevas instalaciones portuarias de Ferrol en Prioriño y de A Coruña en Langosteira, dan a Galicia la oportunidad de mantener su liderazgo eólico también en el mar y aprovechar las ventajas de estos emplazamientos.

A continuación se presentan las experiencias de Bilbao y el proyecto académico redactado para el puerto exterior de punta Langosteira.

#### 3.1. Puerto de Bilbao

La primera idea de construir un parque eólico costero en las inmediaciones del Puerto de Bilbao surge en 2004. La elevada profundidad en la zona, mayor de 30 metros, y que dificultaba la ejecución, obligó a aprovechar únicamente la infraestructura portuaria del dique de abrigo de Punta Lucero. El proyecto, redactado por Berenguer Ingenieros, S.L., tiene un presupuesto base de licitación de 11 millones de euros, y tras siete meses de obras y un periodo de pruebas, el parque se inaugura en febrero de 2006. El parque está formado por cinco aerogeneradores de 2 Mw instalados a lo largo del último kilómetro del dique de Punta Lucero, separados entre ellos 250 m y colocados tras el espaldón.

Su producción energética anual es de 23.000 Mwh, el equivalente para abastecer a 11.500 hogares o a 34.500 personas.



**Figura 2.-** Parque eólico de Punta Lucero. Puerto de Bilbao. JRA, 2007

En 2007 el Gobierno Vasco adjudicó otro parque eólico de 5,1 Mw en las laderas de Punta Lucero, y actualmente está en marcha, pendiente de la declaración de impacto ambiental, el proyecto para la construcción del tercer parque eólico del puerto de Bilbao. Se sitúa sobre el dique de Ciérvana, constará de 3 turbinas de 3 Mw de potencia instalada cada una y su presupuesto base de licitación será del orden de 9 millones de euros.

### **3.2. Puerto en Langosteira**

La idea de proyectar un parque eólico en punta Langosteira surge en el Laboratorio Puertos y Costas de la Universidade da Coruña en 2004, en 2007 Juan M. Fernández la selecciona como proyecto fin de carrera y formula el correspondiente proyecto constructivo.

Dada la oportunidad que representaba el inicio de las obras del puerto exterior de A Coruña, se plantea un parque eólico sobre el dique de abrigo con una potencia instalada de 10 Mw, repartida en 5 molinos de tres aspas, con una altura de buje de 78,0 m y un diámetro del rotor de 80,0 m. Los aerogeneradores se sitúan a lo largo del dique, tras el espaldón, y están cimentados sobre sendas zapatas de hormigón armado. El importe de la inversión es de 13,8 millones de euros y se estima una producción de 30.000 Mwh/año, lo que equivale a la energía consumida por 15.000 hogares.

A continuación presentamos las características técnicas de este proyecto.

#### **Emplazamiento**

La costa de Galicia y del Norte de Portugal posee un potencial eólico superior al resto de costa de la Península Ibérica y del sur de Europa.

La realización de un análisis multicriterio permite seleccionar la alternativa más adecuada, ponderando convenientemente las variables distancia a la costa e impacto visual, la viabilidad de la cimentación, el impacto ambiental, la interacción con las actividades portuarias, marítimas y pesqueras, y el potencial eólico de la zona. Los resultados indican que los emplazamientos portuarios más adecuados, valorando toda la costa gallega, son los Puertos Exteriores de Ferrol y La Coruña.

La variable viento define las características del parque en número y tipo de turbinas, separación entre ellas, altura de las torres, el diámetro barrido por las palas y finalmente la potencia instalada.

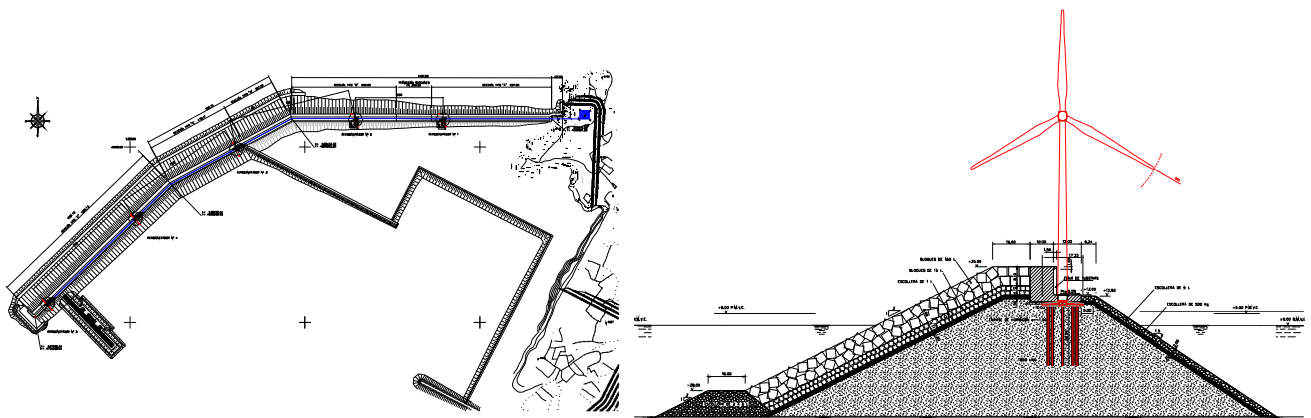
En Langosteira, el viento reinante es del NE y SW, el dominante del W y NW, y la velocidad promedio del viento a 80 m es de 8,5 m/s.

## Diseño

Siguiendo los criterios de la norma UNE-61400 AEROGENERADORES, el emplazamiento se ajusta a una clase de viento I y turbulencia tipo A, es decir, el más exigente y también el más energético.

Se selecciona una máquina adecuada para enclaves costeros, que resiste las solicitaciones del viento y presenta un elevado rendimiento. El modelo elegido es tripala, de 2 Mw de potencia, con velocidades de conexión y desconexión de 4 y 25 m/s respectivamente.

La disposición en planta de los aerogeneradores se diseña en base a las recomendaciones de la Asociación de la Industria Eólica Danesa, que evitan turbulencias indeseables y efectos de estela, mejorando así el rendimiento energético de las máquinas y prolongando su vida útil.



**Figura 3.-** Disposición en planta y sección tipo. JMF, 2007

También se ha tenido en cuenta, en la distribución en planta, que las torres y la esfera de influencia del rotor no condicionen las actividades portuarias, una vez que el puerto y el parque entren en funcionamiento.

Las torres se ubican tras el espaldón del dique. Se cimentan sobre la coronación del todo uno, bajo la losa de regularización y en el centro del tramo de 25 m de espaldón comprendido entre juntas de dilatación. La ejecución de las cimentaciones se realiza acompañando al avance de las obras del Puerto Exterior, minimizando las interferencias con ellas, y de forma que estabilizan al dique en las secciones que las contiene.

El conjunto dique-cimentación debe mantener una relación simbiótica. El objetivo es cimentar la zapata del aerogenerador mejorando la estabilidad del dique. Las cimentaciones de los aerogeneradores son puntos singulares de rigidez en el núcleo, que aportan estabilidad al conjunto.

Una vez finalizada la ejecución de zapatas, losas y espaldones se procede al montaje de instalaciones eléctricas, fustes, góndolas y palas de los aerogeneradores.

## Ejecución y Presupuesto

Se ejecuta la cimentación a medida que avanza el dique. De esta forma el plazo de ejecución está ligado a la evolución de las obras del Puerto Exterior y se estima en 39 meses. Esto permite afrontar la inversión de forma fraccionada, y existe la posibilidad de contar con la aportación de fondos europeos.

El presupuesto base de licitación, realizado en 2007, asciende a 13,7 millones de euros. Supone el 2% de las Obras del Puerto Exterior, y la misma inversión que dos km de autovía o un km de AVE.

Se realiza un estudio económico de viabilidad, con resultados francamente positivos, obteniendo un Valor Actual Neto (VAN) de 7,9 millones de euros, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 7,6% y un Periodo de Retorno (PR) de 11 años.

Todo ello nos indica que Langosteira presenta condiciones muy favorables para la instalación de un parque eólico portuario.