II.- ENERGÍA DE LAS CORRIENTES MARINAS

pfernandezdiez.es

II.1.- INTRODUCCIÓN

Un recurso energético importante de los océanos reside en la energía cinética contenida en las corrientes marinas. Su origen está ligado, entre otras causas, a diferencias de temperatura o de salinidad, a las que se añade la influencia de las mareas. Los efectos se amplifican cuando la corriente atraviesa zonas estrechas limitadas por masas de terreno, incrementándose la velocidad. El proceso de captación se basa en convertidores de energía cinética similares a los aerogeneradores.

En Europa se han identificado más de 100 lugares con corrientes marinas importantes. El potencial energético se estima en 48 TW/a, equivalentes a una potencia instalada de 12,5 GW con los factores de capacidad esperados. Los emplazamientos más prometedores están en el Reino Unido, Irlanda, Francia, España, Italia y Grecia; existen zonas que ofrecen potencial para extraer más de 10 MW/km^2.

Entre las ventajas que se pueden esperar de estos aprovechamientos cabe citar:

- Posibilidad de predecir su disponibilidad.

- Factores de capacidad del 40 al 60% (el doble del de otras fuentes renovables intermitentes).

- Impacto medioambiental mínimo; no producen contaminación visual, polución o ruido ya que sus rotores son lo suficientemente lentos, no afectando a la vida marina.

- Las condiciones bajo el mar durante una tormenta son relativamente benignas; se puede decir que está tecnología es inmune a las tormentas, al contrario que los sistemas situados en la costa o los que aprovechan la energía de las olas

En las turbinas para corrientes marinas se pueden predecir con exactitud cuales son las cargas máximas que deben soportar, que serán siempre del orden de las de diseño; no necesitan de ninguna torre que soporte su peso, ya que se pueden dejar flotando (amarradas al fondo), de forma que se

orienten por la propia corriente. Las turbinas para las corrientes marinas que operan de forma análoga a las turbinas eólicas suponen una tecnología relativamente nueva, de la que se puede extraer gran cantidad de energía sin un impacto medioambiental elevado.

Las turbinas inmersas en flujos de corrientes marinas extraen la energía reduciendo la velocidad del flujo sin apenas reducir la presión a su paso por el rotor. Existe un límite teórico del porcentaje de energía cinética que se puede extraer del flujo, que según Betz es del 59,6% para un solo rodete correspondiente a la superficie frontal presentada por la turbina al flujo.

Newman demostró que el límite para un disco doble, como el de las turbinas de flujo transversal, es del 64%. Al colocar la turbina en un conducto, la expansión queda limitada por la geometría del mismo, por lo que la energía se extrae principalmente como consecuencia de una caída de presión, que depende de la forma del conducto; si éste se diseña en forma de difusor aumenta la caída de presión recuperando parte de la altura correspondiente a la velocidad aguas abajo.

Se puede construir un conducto grande con materiales de bajo coste que actúe como difusor y reduzca así la presión aguas abajo, mientras aumenta el salto a disposición de la turbina, extrayendo así más energía. También se puede utilizar una turbina de menor potencia con un flujo de mayor velocidad; la torsión en el eje de la turbina es menor y así se reduce el coste de la caja de engranajes.

Si la velocidad del flujo y de la turbina son bajas, se requiere de mucho par para generar gran cantidad de potencia útil. El conducto elimina las perdidas en los extremos de las palas de las turbinas de flujo axial, mejorando su eficacia.

En una turbina Torcado se han colocado $\begin{cases} \text{- imanes en las palas} \\ \text{- arrollamientos a modo de estator en el conducto} \end{cases}$ de forma que la turbina funciona como rotor de un generador de imanes permanentes.

Se ha estado trabajando en aeroturbinas con difusor, pero prácticamente está tecnología no se ha aplicado a turbinas marinas, salvo en algunos casos, como en los proyectos:

II.2.- APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS CORRIENTES MARINAS

La energía de las corrientes marinas tiene un potencial aprovechable mayor de 30 GW.

Tiene una mayor densidad energética que la energía eólica, $\begin{cases} \text{Viento: } 15\ m/seg \Rightarrow 2\ kW/m^2 \\ \text{Corr. marinas: } 2\ m/seg \Rightarrow 4\ kW/m^2 \\ \text{Corr. marinas: } 3\ m/seg \Rightarrow 14\ kW/m^2 \end{cases}$

El aprovechamiento de este tipo de energía tiene un inconveniente principal, que es el impacto para la navegación, ya que las mejores corrientes se encuentran en zonas ubicadas principalmente en estrechos o desembocaduras de ríos con gran tránsito marino.

Técnicas de captación.- Las técnicas de extracción son similares a las que se utilizan con las turbinas eólicas, empleando en este caso instalaciones submarinas. El rotor de la turbina va monta-

do en una estructura apoyada en el fondo o suspendida de un flotador. Es conveniente que la posición del rotor esté próxima a la superficie, para aprovechar la zona donde las velocidades del agua son más altas.

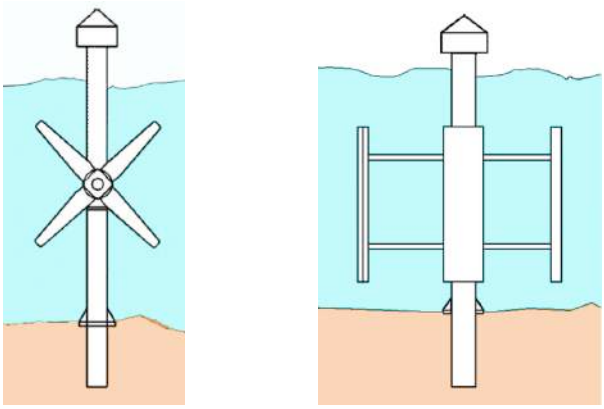


Fig II.1.- Rotores axial y de flujo cruzado

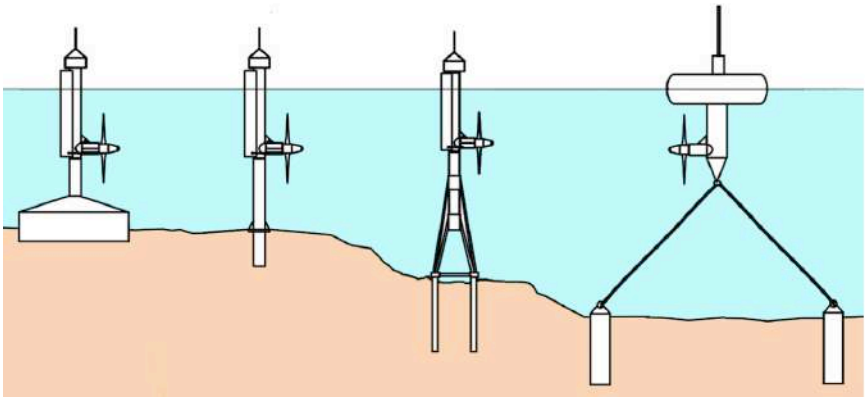


Fig II.2.- Estructuras soporte

Al igual que en el aprovechamiento de la energía del viento, para las corrientes marinas se utilizan, Fig II.1, dos tipos de rotores $\begin{cases} \text{- } axiales\ (tipo\ hélice,\ de\ eje\ horizontal) \\ \text{- } de\ flujo\ cruzado\ (tipo\ Giromill,\ de\ eje\ vertical) \end{cases}$

A la hora de colocar las turbinas existen dos tendencias, Fig II.1.2:

- *Sobre el lecho marino, previamente arreglado, diseño que se utiliza preferentemente en aguas poco profundas (20-30 m. de profundidad)*

- *Sobre un sistema flotante con los convenientes amarres, que se aplican tanto en aguas poco profundas como en las profundas (50 m. profundidad).*

La energía extraible es función de:

$\begin{cases} el\ diámetro\ del\ rotor\ de\ la\ turbina \\ la\ velocidad\ de\ las\ corrientes \end{cases}$

Potencia extraible.- El valor de la velocidad del agua más apropiado para el diseño se estima 2 ÷3 m/seg, existiendo numerosos emplazamientos disponibles donde la velocidad es de este orden. La potencia extraible por unidad de área barrida es proporcional a $\rho\, c^3$ siendo ρ la densidad del agua y c su velocidad.

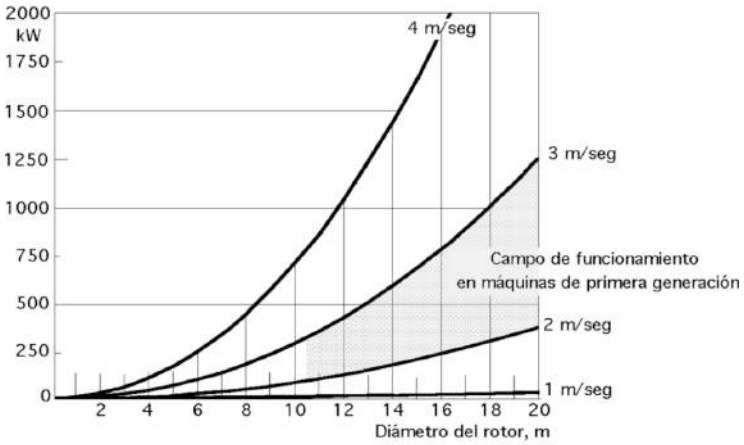


Fig II.3.- Energía extraible en función del diámetro del rotor

Teniendo en cuenta que la densidad del agua es 850 veces superior a la del aire, y que la velocidad del fluido es más pequeña que en el caso del aire, resulta que la potencia por unidad de área barrida es mucho mayor respecto a la que se obtendría con una aeroturbina.

Es conveniente hacer notar que los esfuerzos que debe absorber la turbina son mayores que en el caso eólico, debido a la mayor densidad del agua; sin embargo este efecto viene contrarrestado en parte por la menor relación entre velocidad punta y velocidad media.

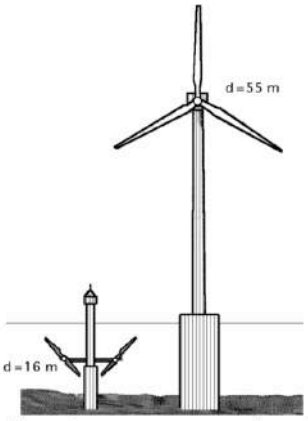


Fig II.4.- Comparación entre un aerogenerador eólico y una turbina de corrientes marinas para obtener 1 MW. Para obtener 1 MW por energía solar harían falta 70x70 m² de paneles solares

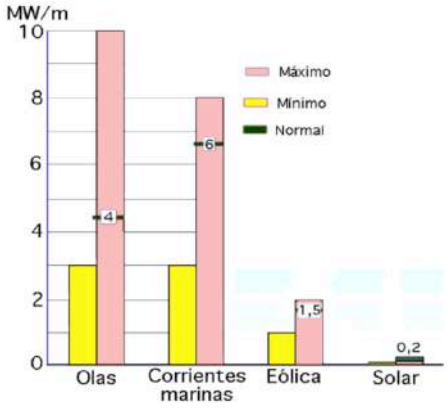


Fig II.5.- Energía anual capturada en MW/m por unidad de tamaño del sistema

Proyecto UE-Joule Cenex (1994-95).- El objetivo de este estudio fué la evaluación del recurso energético de las corrientes marinas en Europa. Se establece el coste de la energía producida en base a los siguientes factores: tamaño, tiempo de vida, tipo de interés, coste de operación y mantenimiento, así como del factor de carga del que se esperan valores comprendidos entre el 20 al 60%.

Los resultados dependerán de la velocidad del agua:

Para c = 2 m/seg,se puede lograr un coste de 0,15 Euros/kW, con un factor de carga del 40%

Para c = 3 m/seg, se puede lograr un coste de 0,1 Euros/kW

Estudio de viabilidad para las Islas Orkney y Shetland (Reino Unido) (1994-95).- Este emplazamiento se basa esencialmente en la existencia de corrientes de marea; conviene destacar el

hecho de que en los sistemas insulares el coste actual del kW suele ser más elevado, lo que favorece la implantación de nuevas fuentes de generación de energía eléctrica. La información necesaria se obtuvo a partir de medidas en el emplazamiento simulando las características de las corrientes con ordenador.

Las turbinas se dimensionaron para una potencia de 200 kW, diámetro 15 m, c = 2 m/seg, con un factor de carga del orden del 45%÷55%. El coste de producción resultaría ser de 0,17 Euros por kW, estimado sobre la base de un factor de carga del 50%, un tiempo de vida de 15 años y un tipo de interés del 5%. Con un grupo de ocho turbinas de 20 metros de diámetro, el coste de producción se reduciría a 0,11 Euros/kW.

II.3.- TECNOLOGÍA

La primera generación de dispositivos de aprovechamiento de las corrientes marinas estaba basada en el uso de componentes convencionales de ingeniería y sistemas para lograr una fiabilidad razonable al mínimo coste. En 1992/93 se lleva a cabo en el Reino Unido la evaluación del recurso energético de las corrientes marinas. Se estimó que era posible una energía de 20 TW/año, a un coste menor de 0,15 €/kw.

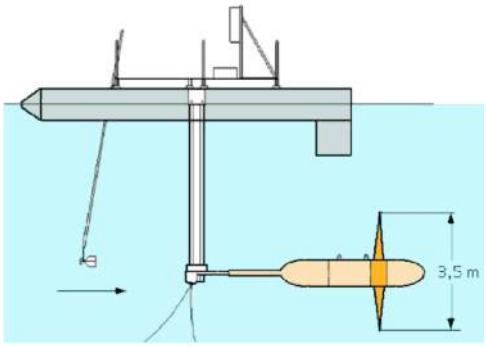


Fig II.6.- Turbina de Loch Linnhe

En Loch Linnhe (Escocia) (1994), Fig II.6, la Marine Current Turbines S.A. (MCT) realiza la instalación de un rotor de 3,5 m de diámetro, de flujo axial, suspendido bajo un pontón flotante; con una corriente de velocidad c = 2,25 m/seg se alcanzó una potencia de 15 kW.

Los dispositivos de primera generación (CEC, 1996), consistían en turbinas medianas, de 10÷15 m. de diámetro y 200÷700 kW, situadas en aguas poco profundas, siendo posiblemente la solución más económica. Los principales problemas técnicos correspondían a la necesidad de encontrar un ciclo de vida apropiado y a reducir el coste de mantenimiento, ya que el medio marino donde se trabaja es muy duro.

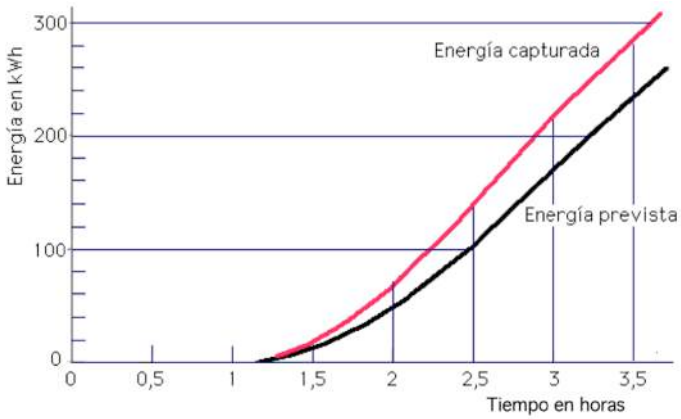


Fig II.7.- Comparación entre la energía capturada en el prototipo y la prevista

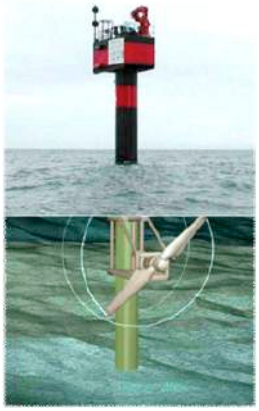
Los dispositivos de segunda generación siguen la estela de los anteriores, introducen nuevos componentes como los generadores multipolo para bajas velocidades, el sistema de cambio de velocidad hidráulico, etc.

Actualmente se están desarrollando nuevos dispositivos, nuevos rotores y técnicas de mando,

que se pueden considerar como de tercera generación.

TURBINAS DE FLUJO AXIAL.- En el estuario del Severn, Lynmouth (Devon-UK), en donde las corrientes marinas alcanzan una velocidad de 2,5 m/seg, se instaló en 2003/04 una turbina bipala de 0,3 MW y 11 m de diámetro, montada en una torre anclada al fondo, de forma que para las operaciones de mantenimiento asciende a la superficie, *proyecto Seaflow*.

El funcionamiento es similar al de un aerogenerador eólico, de forma que el flujo de la corriente marina hace girar el rotor; el buje del rotor puede orientarse 360º alrededor del poste en que está sujeto para estar siempre frontal a la corriente. Las pruebas realizadas con el Seaflow de 0,3 MW fueron satisfactorias, mejor de lo esperado, habiéndose conseguido eficiencias del 40% y extracción del 25% de la energía disponible, Fig II.8.



Modo operacional



Fig II.8- Proyecto Seaflow



Modo mantenimiento

En 2006 se inicia la 2ª fase, conocida como *proyecto Seagen,* Fig II.9, que consiste en un generador con dos hélices bipala de 16 m de diámetro, que llegarán a producir 1 MW girando entre 10 y 20 rpm.

- *Funciona con flujos de agua en dos sentidos*
- *Puede extraer entre 5 y 10 veces más energía por m^2 que un aerogenerador eólico de la misma potencia*

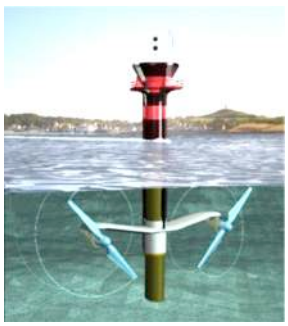




Fig II.9- Proyecto Seagen, 2ª fase

Esto implica máquinas más pequeñas y baratas, al ser el agua un fluido mucho más denso que el aire, por lo que la energía que porta está más concentrada. El costo actual calculado con esta tecnología de 0,1 €/kW, similar al de un generador eólico.

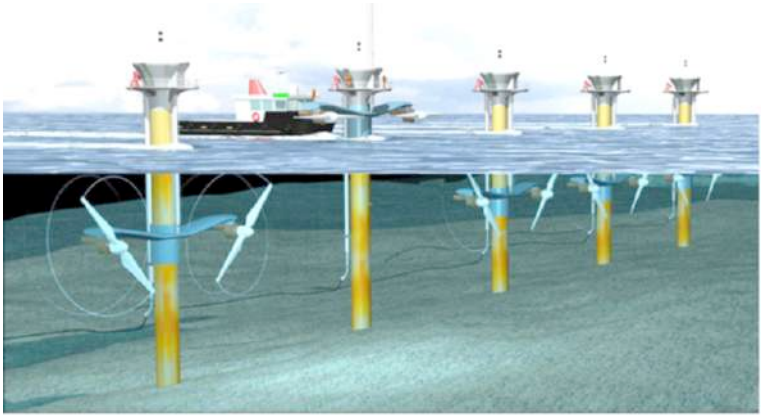


Fig II.10.- Proyecto Seagan 3ª fase

La tercera fase del *proyecto Seagen, Fig II.10,* consistía en la instalación de:

- Un parque de 5 turbinas (5 MW), 2005/06

- Otros proyectos para conseguir en 2012 una potencia instalada de 1000 MW (?)

Características de diseño de los SeaGen:

- Rotores de flujo axial que impulsan un generador a través de una caja de cambios

- Rotores de paso controlado, para optimizar la captación energía de las mareas y minimizar las fuerzas que actúan sobre la estructura

- Paletas colocadas en el tercio superior de la columna de agua donde el flujo de marea es más rápido

- La potencia nominal se alcanza en las corrientes de marea por encima de 2,4 m/seg

- La infraestructura eléctrica dentro de la estructura soporte proporciona una señal eléctrica compatible, sin necesidad de acondicionamiento de potencia externa

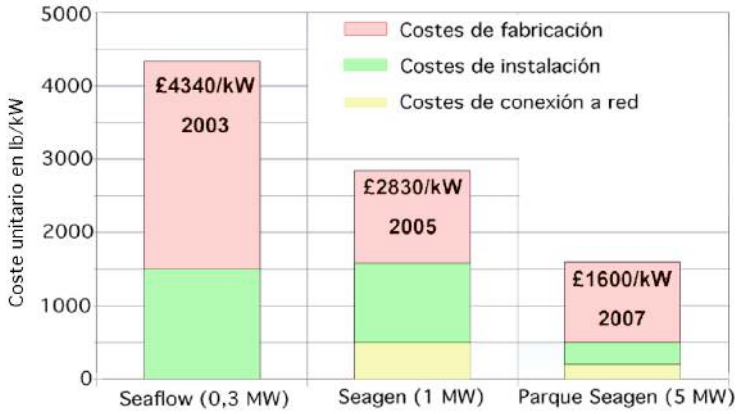


Fig II.11.- Coste de cada turbina

TURBINAS DE FLUJO CRUZADO.- Davis desarrolló una turbina de flujo cruzado en 1981; construyó un prototipo de 20 kW y estimó que su potencia podría alcanzar los 45 kW. Más recientemente se ha instalado en el estrecho de Messina en Sicilia, una turbina de 6 m. de diámetro que se espera genere del orden de 50 kW con una corriente de 2,4 m/seg.

En Italia, a finales de 1990, se desarrolla un prototipo de 130 kW que utilizaba una turbina de flujo cruzado (Kobold) de tres palas, montada sobre una plataforma flotante de forma cilíndrica,



Fig II.12.- Turbina vertical Kobold, 120 kW con 3,5 m/s

amarrada al fondo. Este dispositivo se desplegó en el estrecho de Messina cerca de Sicilia, donde la velocidad de las corrientes es de 1,5 m/s a 20 m de profundidad; del resultado del modelo numérico y físico se estima una eficiencia del 42% para la turbina Kobold; la turbina es de eje vertical con palas oscilantes libres (parecida al Giromill eólico), fué patentada en 1998 por la empresa Ponte di Archimede International, y está inspirada en las hélice marinas Voith-Schneider.

Los objetivos eran los siguientes:

- Verificar las características de solidez, eficacia y bajo mantenimiento que se le suponían

- Desarrollar una nueva tecnología, buscando las posibles mejoras en todos sus componente

- Promover el $\begin{cases} desarrollo \\ explotación \end{cases}$ *de la energía de las corrientes marinas frente a otras fuentes de energía renovables*

Se utilizó una turbina tripala de 6 m de diámetro, con una altura de pala de 5 m y cuerda de 0,4 m, trabajando con números de Reynolds variables.

Cada pala se sostiene con dos brazos, siendo su estructura de acero con unos largueros longitudinales y recubierta de fibra de carbono; sus características eran las siguientes:

- Sentido de rotación independiente de la dirección de la marea

- Valor elevado del par de arranque; se trata de una turbina que puede trabajar con una velocidad de corrientes bajas de 1,2 m/seg, sin necesidad alguna de dispositivos externos que ayuden a hacer girar el rotor

- Buena eficacia, funcionamiento simple y bajo mantenimiento

- Una instalación está en curso de pruebas en Italia, y otra prevista en China

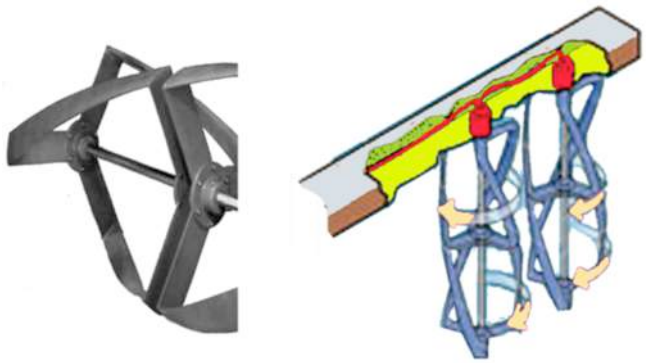
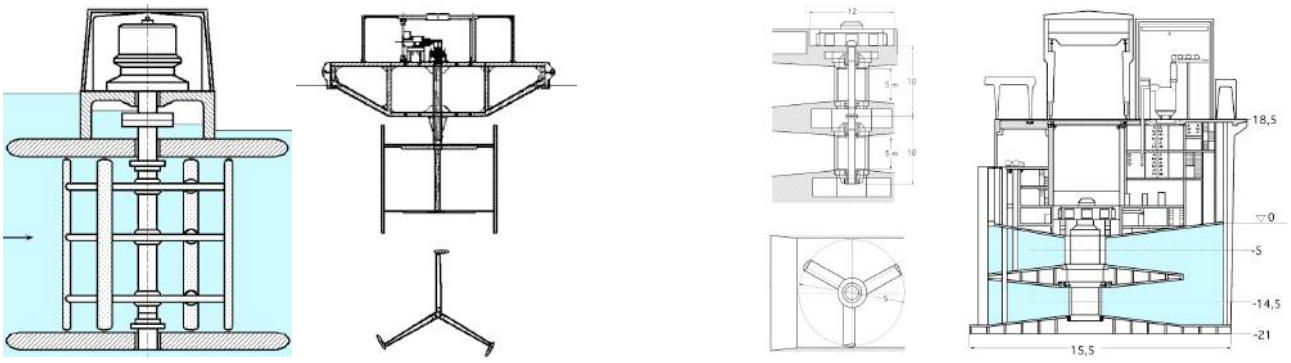


Fig II.13.- Turbina vertical Gorlov

Gorlov y colaboradores en USA probaron modelos de turbinas de flujo cruzado de eje vertical con palas helicoidales (Tipo Savonius) para aprovechar las corrientes en ríos y en el Gulf Stream, Fig II.13.

Se ha estado trabajando en aeroturbinas con difusor, pero prácticamente está tecnología no se ha aplicado a turbinas marinas, salvo en algunos casos, como en los proyectos de las Fig 10.11, o en otros, como el Bluenergy



Flotante *En dique (Turbina ortogonal del Tugur)*

Fig II.14.- Turbinas de flujo cruzado

- ***Bluenergy.-*** Es de flujo cruzado en un conducto, en el que se ha estimado se puede conseguir un aumento de la energía extraída del orden de 5 veces más que sin conducto

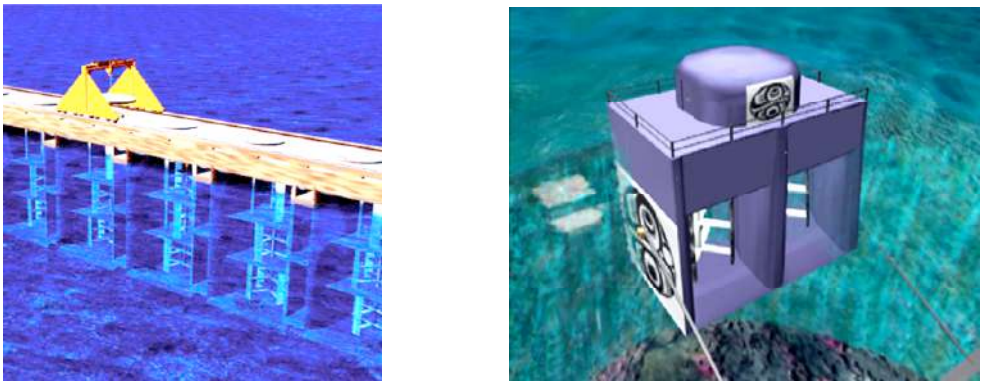


Fig II.15.- Planta en dique, y planta semiflotante 0,5 MW del proyecto Bluenergy

Entre utilizar { *- La diferencia de energía potencial provocada por las mareas* / *- Las turbinas inmersas en un flujo de corriente* , Darrieux propuso colocar las turbinas en conductos, para aumentar la potencia extraída por las mismas. La Blue Energy en Canadá colocaba turbinas en conductos, en pleno flujo, sin bloquear el paso del mismo, pero obligándole a pasar a través de la turbina; con este concepto se está planteando la construcción de plantas en las que se pretende hacer circular el agua por un estrecho, en el que irían instalados un gran número de pequeñas turbinas.

- ***Hydroventuri***.- Gilbert y Foreman descubrieron que con una turbina con difusor se podía obtener 4,25 veces más energía que con la misma turbina simplemente inmersa en el fluido, utilizando un difusor más corto, con unas hendiduras para el control de la capa límite, diseño mucho más barato que los largos difusores estudiados por otros investigadores

En las turbinas para corrientes marinas se pueden predecir con exactitud cuales son las cargas máximas que deben soportar, que serán siempre del orden de las de diseño; no necesitan de ninguna torre que soporte su peso, ya que se pueden dejar flotando (amarradas al fondo), de forma que se orienten por la propia corriente. Las turbinas para las corrientes marinas que operan de una forma

análoga a las turbinas eólicas suponen una tecnología relativamente nueva, de la que se puede extraer gran cantidad de energía sin un impacto medioambiental elevado.

Otras empresas también están investigando en este sentido; Ponta y Dutt han ensayado diversos perfiles del conducto para aumentar la caída de presión y la velocidad del flujo a través de la turbina.

II.4.- SISTEMAS DE GENERACIÓN ORPC

a) El sistema de energía TidGen, está diseñado para generar electricidad en mares a profundidades de 15 a 35 m aprovechando la velocidad de las corrientes de marea y en ríos profundos; la potencia de salida de un solo dispositivo Tidgen varía según la velocidad de la corriente de agua, generando 150 kW por unidad, Fig II.16, con velocidades de la corriente de 2,7 m/seg.

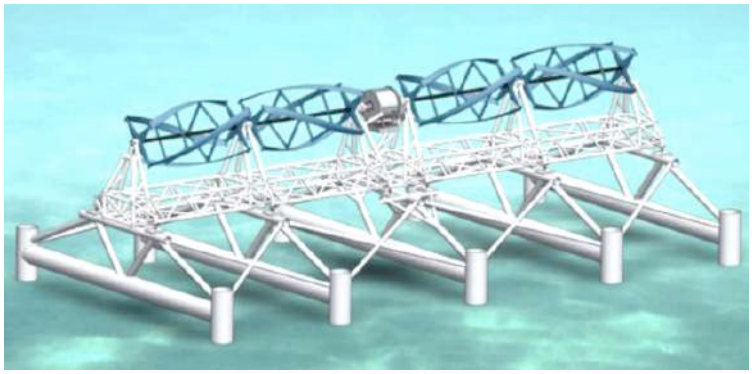




Fig II.16a.- Turbina de flujo cruzado de eje horizontal con palas helicoidales, TidGen de ORPC bahía de Fundi, 150 kW



Fig II.16b.- Transporte de la turbina de flujo cruzado TidGen, hacia su emplazamiento en la bahía de Fundi

Los componentes primarios del sistema incluyen la unidad de (30 m x 5 m x 5 m) más accesorios, y los componentes electrónicos de conversión de potencia y cables y conexiones submarinas.

b) El sistema de energía OCGen, Fig III.17**,** todavía en fase de construcción, irá fijado al fondo del mar utilizando un soporte marco fijo o un sistema de amarre a boya, que por encima incorpora un ala que proporciona flotabilidad; se ubicará en profundidades del orden de 50 m, en alta mar, y generará 0,6 MW por unidad.

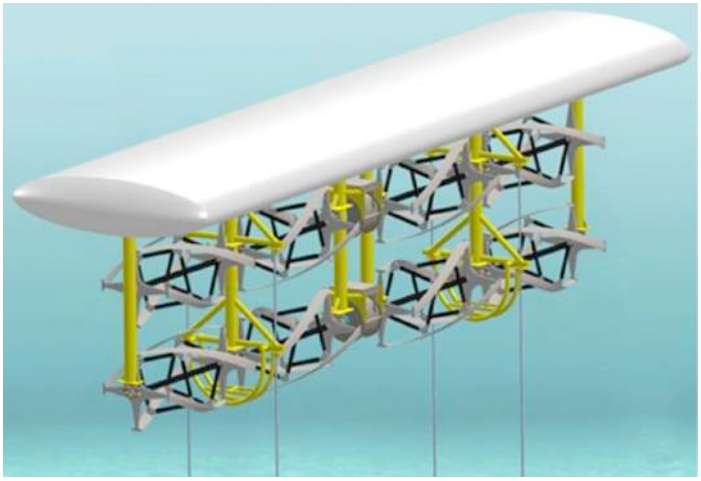


Fig II.17.- OCGen Power System en fase de desarrollo, diseñado para generar electricidad a partir de corrientes oceánicas en alta mar en aguas profundas, 600 kW

II.5.- OTROS PROYECTOS CON TURBINAS PARA CORRIENTES DE MAREA

Proyecto Hydrolienne.- Hydrohelix Energías ha previsto tres lugares para posibles parques marinos, dos a lo largo de la costa de Bretaña en $\begin{cases} Raz\ de\ Sein,\ 1\ GW \\ Fromveur,\ 2\ GW \end{cases}$ y un tercero sobre el Raz Blanchard frente a la costa de Cotentin, en el que 1500 turbinas de 16 m de diámetro podrían generar, habida cuenta de la existencia de corrientes excepcionalmente violentas que pueden alcanzar 5 m/seg, una potencia en punta de 3 GW, en total 6 GW. La producción anual de estos tres parques, constituidos por 5000 turbinas de 16 m de diámetro, sería de 25.000 GWh, lo que representaría el 5% de la producción eléctrica francesa o el equivalente a 3 centrales nucleares. Las turbinas, instaladas en serie, tendrían 6 palas, y estarían posadas y fijadas en el fondo, respetando en todo momento el ecosistema y no tendrían ningún tipo de incidencia sobre la navegación, por cuanto irían situadas entre 20 y 40 m de profundidad, en una zona de corrientes de 2 m/seg. Cada parque generaría 1 MW y estaría constituido por 5 turbinas de entre 15 y 20 m de diámetro, funcionando 3000 horas al año.

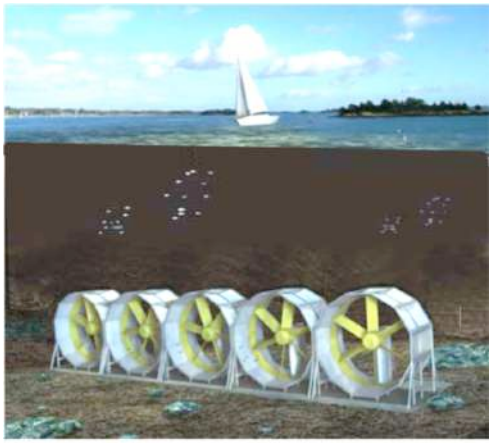


Fig II.18.- Proyecto hidrolienne



Fig II.19.- Proyecto Lunar Energy Hydroventuri

Proyecto Lunar Energy.- Consiste en una turbina bidireccional horizontal instalada en un Venturi, colocado a menos de 40 m de profundidad, el cual conduce la corriente de agua marina capturada y convirtiendo su energía en electricidad, lo que proporciona a este tipo de turbina la ventaja, respecto a sus competidores, de generar del orden de 5 veces más energía para la misma sección frontal interceptada. Generaría una potencia de 1,5 MW, con diámetro 21 m y longitud 27 m

Hydrovisión.- Es un sistema diseñado para la extracción de energía de las corrientes de marea. Fig II.20; consiste en dos generadores accionados cada uno por un par de turbinas de 15 m de diámetro, generando cada uno 0,5 MW, y montados sobre un mismo soporte transversal sumergido; el conjunto flota y está anclado al fondo por unas cadenas, que permiten que las turbinas se alineen en la dirección de la corriente del flujo de marea sin requerir ninguna intervención externa, proporcionando una manera fiable y económica de seguir el flujo alternativo de la marea.

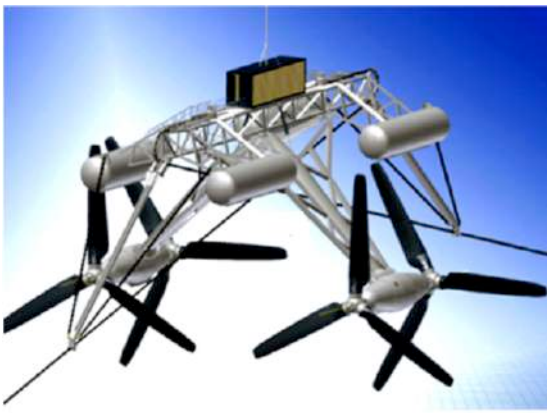


Fig II.20.- Proyecto Hydrovisión

Longitud: 38 m ; Anchura: 15 m ; Peso: 490 Tm
Generación: 2 x 0,5 = 1 MW
Producción anual: 3 a 5 GWh
Tiempo de vida estimado: 25 años

Openhydro.- Es una turbina tipo Straflo que aprovecha la energía de las corrientes de marea en la bahía de Fundy, Fig II.21, en la que se presenta en la etapa de mantenimiento.



Fig II.21.- Openhydro

Turbina para el Gulf Stream.- La sociedad FHPL (Florida Hidraulic Power and Luz) ha desarrollado una turbina especialmente concebida para ser colocada en corrientes oceánicas como la Corriente del Golfo. La turbina que consiste en dos rotores de fibra de vidrio, de un diámetro de

30m, debe proporcionar 3 MW; la máquina se afianza sobre el fondo marino, por medio de cables.

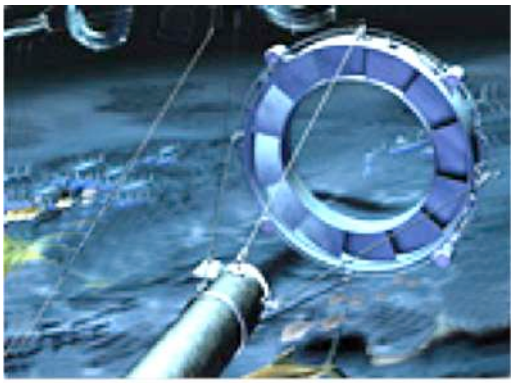


Fig II.22.- Turbina para el Gulf Stream

El coste de fabricación para una serie de 400 turbinas sería de 400 €/kW, lo que haría al sistema competitivo ante una central eléctrica moderna. El sistema se podría utilizar para producir hidrógeno por electrólisis del agua, con un coste de producción estimado inferior a 2$ por kg.

Stingray.- En UK se instala en 2002 por parte de Engineering Bussines Ltd., el prototipo denominado Stingray, de 150 kW con corrientes de 2 m/seg, en Yell Sound cerca de las islas Shetland (Escocia). La velocidad del agua que existe en estas islas es de 2 m/seg es de 140 MW. Se trata de una especie de ala de avión submarina horizontal que oscilando con las corrientes marinas varía su ángulo de inclinación para obtener un movimiento ascendente y descendente para generar electricidad; tiene, aproximadamente, 20 m de ancho y 24 m de alto y va montado sobre un brazo horizontal.

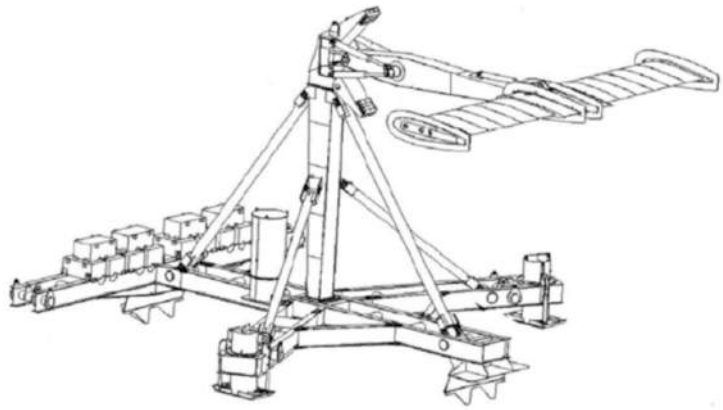


Fig II.23.- 1ª Generación del Stingray, 150 kW

Las corrientes mueven el ala montada sobre el brazo de arriba abajo, Fig II.23, accionando unos cilindros hidráulicos de aceite a presión que lo dirigen a un motor hidráulico conectado a un generador eléctrico; la salida de este generador pasa a un sistema de control industrial dando lugar a corriente continua, que viaja por un cable submarino hasta una planta en la costa donde se obtiene corriente alterna. El prototipo fue ensayado durante dos semanas promediando 90 kW con corrientes de 1,5 m/seg.

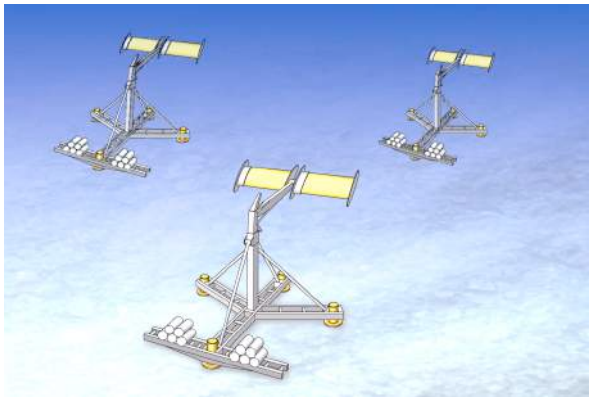


Fig II.24.- Parque Stingray

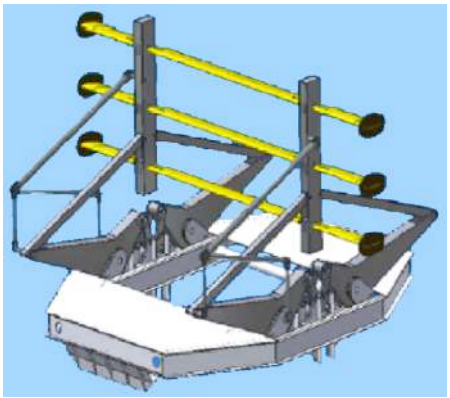


Fig II.25.- 2ª Generación del Stingray, de 0,5 MW

Actualmente se esta desarrollando la idea de instalar una planta de 5 MW, con este tipo de dispositivo. A partir de los resultados obtenidos por el Stingray, la empresa está diseñando una segunda generación capaz de proporcionar 500 kW; la forma de este nuevo prototipo se presenta en la Fig II.25. Las conclusiones que se pueden sacar son las siguientes:

- La tecnología utilizada es válida para obtener un precio de kWh comercialmente viable

- Existen gran cantidad de lugares donde se podría instalar un prototipo de este estilo y lograr elevados rendimientos, ya que no genera un impacto medioambiental significativo

Proyecto Sea Snail.- Es un prototipo de 22 Tm capaz de generar 150 kW de energía eléctrica, Fig II.26; desarrollado por la Universidad Robert Gordon en Aberdeen e instalado en las Islas Orkney, lleva una pequeña turbina que genera electricidad sobre el fondo del mar. Su armazón tubular de acero, se clava sobre el fondo del mar. La turbina situada en el centro se encuentra rodeada por una serie de lóbulos en forma de ala que crean una fuerza descendente conforme la corriente pasa encima de ellos. Contra más rápido sea el flujo de corriente, más fuertemente son empujados hacia el lecho marino. Las alas tienen un movimiento oscilatorio de acuerdo con la marea; en este prototipo están fabricadas con fibra de vidrio, pero en el futuro se rediseñarán empleando una cubierta inoxidable. Para su mantenimiento, el Sea Snail está diseñado para ser izado a la superficie, ya que como se instala para aprovechar la marea donde las corrientes son más fuertes, resultaría muy peligroso enviar buzos para su reparación. Como la estructura está sumergida, no altera el paisaje, ni contamina o provoca cualquier daño ambiental significativo.



Fig II.26.- Prototipo Sea Snail

Ultima generación de turbinas para corrientes de marea.- La más simple de todas las configuraciones consiste en unos rotores montados sobre un poste fijado al fondo del mar. Para mantener los extremos de las palas libres de cavitación, se diseñan para un TSR de 10 m/seg o menos; las palas estarían moldeadas en fibra de carbono. El diseño lleva dos rotores de 20 m de diámetro, que pueden proporcionar entre 1 y 2 MW, dependiendo de la velocidad de la corriente, funcionando en aguas entre 30 y 50 m de profundidad. Este diseño no sería apropiado para aguas profundas debido a las cargas en la base del poste y a la dificultad de acceder al fondo del mar.

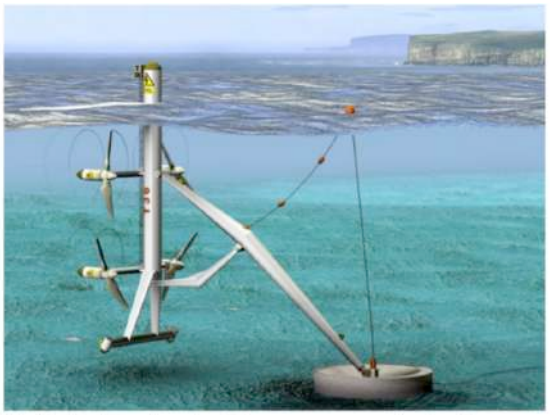


Fig II.27.- Tendencias futuras para corrientes de mareas

El brazo pivota en la horizontal con ayuda de la boya flotante del mástil, lo que permite que la turbina se pueda orientar horizontalmente siguiendo la dirección de las corrientes marinas y verticalmente hasta la superficie para operaciones de mantenimiento. Para elevarse y poner los rotores en situación horizontal, mantenimiento en superficie, una de las turbinas funciona, mientras que la otra se frena, lo que provoca el que el conjunto se levante; esta idea fué patentada en UK en 2003.

El diseño se conoce como SST (turbina semisumergida). En el diseño de la turbina de Pentland Firth, el flujo a 60 m de profundidad sería capturado por 2 pares de rotores de 20 m de diámetro, siendo la energía generada de 4 MW.