

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
TÉCNICO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

TEMA:

LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ COMO ENERGÍA RENOVABLE

RESPONSABLES:

DOUGLAS ERNESTO CASTRO CASTANEDA.

CARLOS SALVADOR FABIÁN HERRERA

CARLOS RODRIGO MAGAÑA PINEDA

CARRERA:

TÉCNICO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

# Contenido

INTRODUCCIÓN

TEMA

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

ENERGÍA MAREOMOTRIZ

MÉTODOS DE GENERACIÓN

    APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS ONDAS Y LAS OLAS.

    APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS MAREAS:

        Generador de la corriente de marea

        Energía mareomotriz dinámica

    ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA:

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

    ¿CÓMO FUNCIONA LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ?

        Las Mareas

    TURBINAS MARINAS HAMMERFEST

    CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

    FUTURO DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

PROYECTOS MÁS CONOCIDOS A NIVEL MUNDIAL SOBRE LA GENERACIÓN DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

CONCLUSIÓN

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS.....



## INTRODUCCIÓN

La energía mareomotriz es la que se obtiene aprovechando las mareas, transformando la energía mareomotriz en energía eléctrica. Con un promedio aproximado de 4 Kilómetros de profundidad los océanos cubren las tres cuartas partes de la tierra conformando un enorme depósito de energía siempre en movimiento, el viento es el encargado de formar las olas que pueden alcanzar los 12 metros en condiciones normales, y las temperaturas (entre -2° C a 25°) generan corrientes y por último la conjugación tanto en la superficie como en el fondo, de las atracciones solar y lunar.

Las mareas, es decir, el movimiento de las aguas en el mar, producen una energía que se transforma en electricidad en las centrales mareomotrices. Se aprovecha la energía liberada por el agua de mar en sus movimientos de ascenso y descenso de las mareas (flujo y reflujo). El sistema consiste en aprisionar el agua en el momento de la alta marea y liberarla, obligándola a pasar por las turbinas durante la bajamar. Cuando la marea sube, el nivel del mar es superior al del agua del interior. Abriendo las compuertas, el agua pasa de un lado a otro del dique, y sus movimientos hacen que también se muevan las turbinas de unos generadores de corrientes situados junto a los conductos por los que circula el agua.

Cuando por el contrario, la marea baja, el nivel de la mar es inferior porque el movimiento del agua es en sentido contrario que el anterior, pero también se aprovecha para producir electricidad.

## **TEMA**

EL APROVECHAMIENTO DE LA MOTRIZ GENERADA POR LAS  
MAREAS, COMO UNA FORMA DE GENERAR ENERGÍA  
ELÉCTRICA.

LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ COMO UNA FORMA DE ENERGÍA  
RENOVABLE

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL.**

- Conocer y aprender acerca de la generación de energía eléctrica mediante el uso de la energía motriz producida por las olas en los océanos.

### **OBJETIVO ESPECÍFICOS.**

- Identificar los elementos que intervienen en la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía mareomotriz.
- Conocer las etapas de la generación de energía eléctrica mediante la energía mareomotriz.
- Comprender como se transforma la energía mareomotriz en energía eléctrica.

## **JUSTIFICACIÓN**

El presente reporte se realizara con el fin de conocer mas sobre lo que es la generación de energía eléctrica aprovechando la energía motriz del mar (energía mareomotriz) investigar y comprender como esta es generada en las diferentes centrales y cuales son las formas de generar aprovechando las propiedades del mar y la energía motriz que esta genera

De igual manera este reporte se realizara para comprender en si este tipo de energía renovable y porque se le llama así, conocer sus ventajas y desventajas y formar una idea de si este tipo de energía seria o no rentable en el país y podría ser utilizado como una forma mas de generación de energía eléctrica en nuestro país El Salvador; aprovechando asi la costa marítima que poseemos del océano pacifico y entender si cumple o no con los requisitos para que en nuestro país este tipo de energía sea utilizada ya aprovechada

## ENERGÍA MAREOMOTRIZ

La energía mareomotriz forma parte del grupo de las llamadas energías renovables y se obtiene a través de las energías cinética y potencial de las mareas es decir,

Aprovecha la fuerza de las olas del mar de y de los cambios entre las mareas alta y baja que convierten su variación en energía eléctrica.

Tres cuartas partes de la superficie terrestre está cubierta por mares y océanos que constituyen un enorme depósito de energía renovable, limpia y no contaminante, pero los grandes costes que suponen la instalación de centrales mareomotrices, frenan la proliferación de su explotación energética.

La energía se define como mayor o menor capacidad de realizar un [trabajo](#) o producir un efecto en forma de [movimiento](#), [luz](#), [calor](#), etc. Es la capacidad para producir transformaciones.

Mares y océanos cubren las tres cuartas partes de la superficie de nuestro planeta. En la superficie los vientos provocan las olas que pueden alcanzar hasta 12 metros de altura, 20 metros debajo de la superficie, las diferencias de [temperatura](#) engendran corrientes; por último, tanto en la superficie como en el fondo, la conjugación de las atracciones solar y lunar. Las mareas, es decir, el movimiento de las aguas del mar, producen una energía que se transforma en [electricidad](#) en las centrales mareomotrices.

Se aprovecha la energía liberada por [el agua](#) de mar en sus movimientos de ascenso y descenso. Ésta es una de las nuevas formas de producir energía eléctrica.

La **energía mareomotriz** es la que se obtiene aprovechando las [mareas](#), mediante su empalme a un [alternador](#) se puede utilizar el sistema para la [generación de electricidad](#), transformando así la energía mareomotriz en [energía eléctrica](#), una forma energética más segura y aprovechable.

El [sistema](#) consiste en aprisionar el [agua](#) en el momento de la alta marea y liberarla, obligándola a pasar por las turbinas durante la bajamar y en algunas centrales también se aprovecha el proceso contrario para generar energía. La energía gravitatoria terrestre y lunar, la energía solar y la eólica dan lugar, respectivamente, a tres manifestaciones de la



energía del mar: mareas, gradientes térmicos y olas. De ella se podrá extraer energía mediante los dispositivos adecuados.

La energía de las mareas o mareomotriz se aprovecha embalsando agua del mar en ensenadas naturales y haciéndola pasar a través de turbinas hidráulicas.

La leve diferencia de temperaturas llega entre la superficie y las profundidades del mar (gradiente térmico), constituye una fuente de energía llamada mareomotérmica.

La energía de las olas es producida por los vientos y resulta muy irregular. Ello ha llevado a la [construcción](#) de múltiples tipos de [máquinas](#) para hacer posible su aprovechamiento.

Las tres categorías de movimientos de las aguas del mar:

Debido a las [acciones](#) conjuntas del Sol y la Luna se producen tres tipos de alteraciones en la superficie del mar:

- Las corrientes marinas.
- Las [ondas](#) y las olas.
- Las mareas.

Las corrientes marinas son grandes masas de agua que, como consecuencia de su calentamiento por la [acción](#) directa y exclusiva del Sol, se desplazan horizontalmente; son, pues, verdaderos ríos salados que recorren la superficie de los océanos.

En su formación influye también la salinidad de las aguas. La anchura y profundidad de las corrientes marinas son, a veces considerables, ésta última alcanza en algunos casos centenares de metros. El sentido en el que avanzan es diferente en los hemisferios, boreal y austral. Algunas corrientes pasan de uno a otro hemisferio, otras se originan, avanzan, se mueven y se diluyen o mueren en el mismo hemisferio en el que nacen.

Las trayectorias de tales corrientes son constantes, y ésta circunstancia es la que aprovechó [el hombre](#) durante la larga época de la navegación a vela; fue la primera y única utilización de la [fuerza](#) de las corrientes marinas.

El [conocimiento](#) de las corrientes marinas, de su amplitud, sentido, [velocidad](#), etc., tiene una importancia considerable para los navegantes. Una de sus acciones es desviar de su ruta a los buques que penetran en ellas; favorecen o entorpecen la navegación según el sentido en que se la recorra. La gran corriente caliente del Golfo, la cual se dirige desde el

Golfo de [México](#) a las costas occidentales de [Europa](#), no solo dulcifica el [clima](#) de éstas por sus temperaturas, sino que facilita además la travesía del Atlántico a los buques que se dirigen de Oeste a Este.

Ningún otro efecto favorable ha podido obtener el [hombre](#) de la enorme energía cinética de las corrientes marinas. Pero los resultados y ventajas de otro orden (climáticas, antropogeográficas, económicas, etc.) son incalculables.

Es un tipo de energía renovable, en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos.

Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una penetración notable de este tipo de energía.

Otras formas de extraer energía del mar son: las olas (energía undimotriz), de la diferencia de temperatura entre la superficie y las aguas profundas del océano, el gradiente térmico oceánico; de la salinidad, de las corrientes marinas o la energía eólica marina.

## MÉTODOS DE GENERACIÓN

### APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS ONDAS Y LAS OLAS.

Ya se ha dicho que los vientos imprimen a las capas superficiales del mar movimientos ondulatorios de dos clases: las ondas y las olas.

Las primeras se pueden observar en el mar, incluso en ausencia del viento; son masas de agua que avanzan y se propagan en la superficie en forma de ondulaciones cilíndricas. Es bastante raro ver una onda marina aislada; generalmente se suceden varias y aparecen en la superficie ondulaciones paralelas y separadas por intervalos regulares. Cuando una barca sube sobre la cresta de la onda perpendicularmente a ella, la proa se eleva, y cuando desciende sobre el lomo, la proa se hunde en el agua. Es el característico cabeceo.

Los elementos de una onda son: su longitud, esto es, la distancia entre dos crestas consecutivas; la amplitud o distancia vertical entre una cresta y un valle; el período, esto

es el [tiempo](#) que se separa el paso de dos crestas consecutivas por delante en un punto fijo; y la velocidad.

El movimiento de las ondas en el mar se puede comparar con el de un campo de trigo bajo la acción del viento. Las espigas se inclinan en el sentido del viento, se enderezan y se vuelven a inclinar; de modo análogo, por la acción de la onda, una vena fluida y vertical, se contrae y se engruesa en el movimiento momento que se forma el valle, en tanto que se adelgaza y alarga en correspondencia con la fase de cresta o elevación. Parece, pues, que oscila a un lado y otro en un punto fijo, amortiguándose rápidamente este movimiento oscilatorio que se profundiza en el mar.

La energía que desarrollan las ondas es enorme y proporcional a las masas de aguas que oscilan y a la amplitud de oscilación. Esta energía se descompone en dos partes, las cuales, prácticamente, son iguales: una energía potencial, la cual provoca la deformación de la superficie del mar, y una energía cinética o de movimiento, debida al desplazamiento de las partículas; en suma, de la masa de agua. Si la profundidad es pequeña, la energía cinética es transportada con una velocidad que depende de determinadas características de la onda. Se ha calculado que una onda de 7,50 metros de altura sobre el nivel de las aguas tranquilas y de 150 metros de longitud de onda, propagándose con una velocidad de 15 metros por segundo, desarrolla una [potencia](#) de 700 caballos de vapor por metro lineal de cresta; según esto, una onda de las mismas características que tuviese 1Km. De ancho desarrollaría la considerable potencia de 700.000 caballos de vapor. Esto explica los desastrosos efectos que producen las tempestades marinas.

Las ondas marinas se forman únicamente en puntos determinados de nuestro planeta y desde ellos se propagan radialmente. Por su importancia mencionaremos uno: el área de las islas de Azores, situadas casi frente la Estrecho de Gibraltar y a unos 1800 Km. Al Oeste de él, centro de un área ciclónica casi permanente. Las grandes ondas marinas que se forman en las islas mencionadas, recrecidas por el empuje de los fuertes vientos aumentan considerablemente su altura, masa y velocidad del avance.

Sencilla es la técnica utilizada para captar las energías desarrolladas por las ondas marinas en sus oscilaciones verticales. Basta para ello disponer de varios flotadores provistos de un vástago que se desliza a lo largo de unas guías y cuyos movimientos verticales se transmiten mediante el vástago a generadores eléctricos. La realización

práctica de este tipo de máquina es, sin embargo, muy difícil, pues, a la corta o a la larga, estas máquinas acaban por ser destruidas por el exceso de la potencia que deben captar.

Las olas se forman en cualquier punto del mar por la acción del viento. En un día de calma, por la mañana, la superficie del mar está absolutamente tranquila. Pero cuando comienza soplar una brisa suave se forman en la superficie tranquila de las aguas pequeñas elevaciones, olas minúsculas: el mar se "riza". A medida que aumenta la velocidad del viento, las olas crecen en altura y en masa más rápidamente que la longitud, en profundidad, de la ola. Finalmente, cuando el viento sopla con [violencia](#), las olas alcanzan tamaño gigantesco y por el impulso de aquél corren sobre la superficie marina a gran velocidad y descargan toda su potencia sobre los obstáculos que encuentran en su camino. Los efectos de estos choques son enormes y la cantidad de energía disipada en ellos es considerable.

Los efectos de tan tremendos choques se hacen visibles en puertos y escolleras; se citan casos en que bloques artificiales de [cemento](#) de más de dos o tres toneladas de peso han sido levantados de su asiento y lanzados a varios metros de distancia.

Se han proyectado numerosos aparatos y dispositivos para aprovechar la energía del oleaje, pero ninguno hasta hoy ha dado resultados prácticos. La energía de las olas es salvaje, difícil de domesticar. En 1929 se llevó a la práctica el primer [proyecto](#) para utilizar la fuerza horizontal de las olas, empleándose para ello el rotor de Savonius, rueda formada por dos semicilindros asimétricos montados sobre un mismo chasis. El aparato funcionó por varios meses en Mónaco. La acción corrosiva del agua del mar lo inutilizó.

Éstas y otras [técnicas](#) se han aplicado a la utilización de la energía horizontal o de traslación de las ondas. La inconstancia de éstas limita, por una parte, su [empleo](#).

El fracaso de los intentos reseñados y muchos otros llevados a cabo, parece querer demostrar que es vana la esperanza de aprovechar la energía de las ondas y las olas. Pero el hombre no se ha resignado a contemplar como se pierde tanta energía cinética, continua, eterna, que le ofrece la [Naturaleza](#) gratuitamente; en vista del fracaso de la utilización de la energía de las ondas y las olas, los técnicos orientaron sus esfuerzos a utilizar la que se deriva de la variación del nivel del mar, esto es, la de las mareas y la del calor de las aguas marinas.

De los [sistemas](#) propuestos, para fijar la energía de las olas, se puede hacer una clasificación, los que se fijan en la plataforma continental y los flotantes, que se instalan en el mar.

Uno de los primeros fue el convertidor noruego Kvaerner, cuyo primer prototipo se construyó en Bergen en 1985. Consiste en un tubo hueco de hormigón, de diez metros de largo, dispuesto verticalmente en el hueco de un acantilado. Las olas penetran por la parte inferior del cilindro y desplazan hacia arriba la columna de [aire](#), lo que impulsa una turbina instalada en el extremo superior del tubo. Esta central tiene una potencia de 500 KW y abastece a una aldea de 50 casas.

El pato de Salter, que consiste en un flotador alargado cuya sección tiene forma de pato. La parte más estrecha del flotador se enfrenta a la ola con el fin de absorber su movimiento lo mejor posible. Los flotadores giran bajo la acción de las olas alrededor de un eje cuyo movimiento de rotación acciona una bomba de [aceite](#) que se encarga de mover una turbina.

La dificultad que presenta este sistema es la generación de electricidad con los lentos movimientos que se producen.

Balsa de Cockerell, que consta de un conjunto de plataformas articuladas que reciben el impacto de las crestas de las olas. Las balsas ascienden y descienden impulsando un fluido hasta un [motor](#) que mueve un generador por medio de un sistema hidráulico instalado en cada articulación.

Rectificador de Russell, formado por módulos que se instalan en el fondo del mar, paralelos al avance de las olas. Cada módulo consta de dos cajas rectangulares, una encima de la otra. El agua pasa de la superior a la inferior a través de una turbina.

Boya de Nasuda, consiste en un dispositivo flotante donde el movimiento de las olas se aprovecha de baja [presión](#) que mueve un generador de electricidad.

## **APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS MAREAS:**

Las mareas son oscilaciones periódicas del nivel del mar. Es difícil darse cuenta de este fenómeno lejos de las costas, pero cerca de éstas se materializan, se hacen patentes por los vastos espacios que periódicamente el mar deja al descubierto y cubre de nuevo.

Este movimiento de ascenso y descenso de las aguas del mar se produce por las acciones atractivas del Sol y de la Luna. La subida de las aguas se denomina flujo, y el descenso reflujo, éste más breve en tiempo que el primero.. Los momentos de máxima elevación del flujo se denominan pleamar y el de máximo reflujo bajamar.

La amplitud de mareas no es la misma en todos los lugares; nula en algunos mares interiores, como en el Mar Negro, entre [Rusia](#) y Turquía; de escaso [valor](#) en el Mediterráneo, en el que solo alcanza entre 20 y 40 centímetros, es igual débil en el océano Pacífico. Por el contrario, alcanza valor notable en determinadas zonas del océano Atlántico, en el cual se registran las mareas mayores. Así en la costa meridional Atlántica de [la República](#) Argentina, en la provincia de Santa Cruz, alcanza la amplitud de 11 metros, de tal modo que en Puerto Gallegos los buques quedan en seco durante la baja marea. Pero aún la supera la marea en determinados lugares, tales como en las bahías de Fundy y Frobisher, en Canadá (13,6 metros), y en algunos rincones de las costas europeas de la Gran Bretaña, en el estuario del Severn (13,6 metros), y de Francia en las bahías de Mont-Saint-Michel (12,7 metros) y el estuario de Rance (13 metros).

Belidor, [profesor](#) en la [escuela](#) de Artillería de La Fère (Francia), fue el primero que estudió el problema del aprovechamiento de la energía cinética de las mareas, y previó un sistema que permitía un funcionamiento continuo de dicha energía, empleando para ello dos cuencas o receptáculos conjugados.

La utilización de las mareas como fuente de energía montaba varios siglos. Los ribereños de los ríos costeros ya habían observado corrientes que hacían girar las ruedas de sus molinos, que eran contruidos a lo largo de las orillas de algunos ríos del oeste de Francia y otros países en los cuales las mareas vivas son de cierta intensidad. Aún pueden verse algunos de estos molinos en las costas normandas y bretonas francesas. Los progresos de la técnica provocaron el abandono de máquinas tan sencillas de rendimiento, hoy escaso.

Las ideas de Belidor fueron recogidas por otros ingenieros franceses que proyectaron una mareomotriz en el estuario de Avranches, al norte y a 25 Km. De Brest basándose en construir un fuerte dique que cerrase el estuario y utilizar la energía de caída de la marea media, calculando las turbinas para aprovechar una caída comprendida entre 0,5 y 5,6

metros. Los estudios para este proyecto estaban listos a fines de 1923, pero el proyecto fue abandonado.

Otros [proyectos](#) se estudiaron en los [Estados Unidos](#) para aprovechar la energía de las mareas en las bahías de Fundy y otras menores que se abren en ella, en las cuales las mareas ofrecen desniveles de hasta 16,6 metros. En la Cobscook se construyó una mareomotriz de rendimiento medio, lo cual duró durante pocos años, pues su rendimiento resultaba mas caro que las centrales termoeléctricas continentales.

Las [teorías](#) expuestas por Belidor en su Tratado de [Arquitectura](#) hidráulica (1927) quedaron en el aire; pero la idea de aprovechar la enorme energía de las mareas no fue jamás abandonada del todo; solo cuando la técnica avanzó lo suficiente, surgió un [grupo](#) de ingenieros que acometió el proyecto de resolver definitivamente el problema.

La primera tentativa seria para el aprovechamiento de la energía de las mareas se realiza actualmente en Francia, precisamente en el estuario de Rance, en las costas de Bretaña. Solo abarca 2.000 ha. , pero reúne magnificas condiciones para el fin que se busca; el nivel entre las mareas alta y baja alcanza un máximo de 13,5 metros, una de las mayores del mundo. El [volumen](#) de agua que entrara en la instalación por segundo se calcula que en 20.000 m<sup>3</sup>. , cantidad muy superior a la que arroja al mar por segundo el Rin. Su coste será de miles de millones de francos; pero se calcula que rendirá anualmente mas de 800 millones de kv/h. Un poderoso dique artificial que cierra la entrada del estuario; una esclusa mantiene la [comunicación](#) de éste con el mar y asegura la navegación en su interior.

Todos los elementos de la estación mareomotriz – generadores eléctricos, máquinas auxiliares, las turbinas, los talleres de reparación, salas y habitaciones para el [personal](#) director y obreros-, todo está contenido, encerrado entre los muros del poderoso dique que cierra la entrada del estuario. Una ancha pista de cemento que corre a lo largo de todo él.

**Los métodos de generación mediante energía de marea pueden clasificarse en estas tres:**

#### **Generador de la corriente de marea**

Los generadores de corriente de mareputotifiogdfa *Tidal Stream Generators* (o TSG por sus iniciales inglés) hacen uso de la [energía cinética](#) del agua en movimiento a las

turbinas de la energía, de manera similar al viento (aire en movimiento) que utilizan las turbinas eólicas. Este método está ganando popularidad debido a costos más bajos y a un menor impacto ecológico en comparación con las presas de marea.

### **Presa de marea**

Las presas de marea hacen uso de la energía potencial que existe en la diferencia de altura (o pérdida de carga) entre las mareas altas y bajas. Las presas son esencialmente los diques en todo el ancho de un estuario, y sufren los altos costes de la infraestructura civil, la escasez mundial de sitios viables y las cuestiones ambientales.

### **Energía mareomotriz dinámica**

La energía mareomotriz dinámica (Dynamic tidal power o DTP) es una tecnología de generación teórica que explota la interacción entre las energías cinética y potencial en las corrientes de marea. Se propone que las presas muy largas (por ejemplo: 30 a 50 km de longitud) se construyan desde las costas hacia afuera en el mar o el océano, sin encerrar un área. Se introducen por la presa diferencias de fase de mareas, lo que lleva a un diferencial de nivel de agua importante (por lo menos 2.3 metros) en aguas marinas ribereñas poco profundas con corrientes de mareas que oscilan paralelas a la costa, como las que encontramos en el Reino Unido, China y Corea. Cada represa genera energía en una escala de 6 a 17 GW.

## **ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA:**

La explotación de las diferencias de temperatura de los océanos ha sido propuesta multitud de veces, desde que d'Arsoval lo insinuara en el año 1881, pero el mas conocido pionero de esta técnica fue el científico francés Georgi Claudi, que invirtió toda su fortuna, obtenida por la invención del tubo de neón, en una central de conversión térmica.

La conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varia entre 20 y 24° C. Para el aprovechamiento es suficiente una diferencia de 20° C.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias,



tales como [alimentos](#) y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Las posibilidades de esta técnica se han potenciado debido a la transferencia de [tecnología](#) asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El [desarrollo](#) tecnológico de instalación de plataformas profundas, la utilización de [materiales](#) compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el [diseño](#) de una plataforma, pero el máximo inconveniente es el económico.

Las posibilidades de futuro de la energía mareomotriz no son de consideración como [fuentes](#) eléctricas, por su baja [rentabilidad](#) y por la grave agresión que supondría para el medio [ambiente](#). En Galicia, las estaciones de este tipo solo serían posibles en la ría de Arousa (Pontevedra), y su construcción supondría la destrucción de gran parte de los [recursos](#) marisqueros de esta ría.

En la actualidad existen cuatro proyectos aprobados para restaurar este [patrimonio](#) marítimo

## **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ**

Las ventajas más importantes de estas centrales es que tienen las características convencionales de cualquier central hidroeléctrica. Responden de forma rápida y eficiente a los cambios de carga, generando energía libre de contaminación, y de variaciones estacionales o anuales. Tienen un mantenimiento bajo y una vida prácticamente ilimitada. Este tipo de energía se auto renueva, no contamina, es silenciosa, la materia prima es la marea y es muy barata, funciona en cualquier clima y época del año, y ayuda para que no haya inundaciones.

### **Ventajas:**

- Auto renovable.
- No contaminante.
- Silenciosa.
- Bajo [costo](#) de [materia](#) prima.
- No concentra [población](#).
- Disponible en cualquier clima y época del año.

La desventaja fundamental es que necesita una gran inversión inicial y se tardan varios años en construir las instalaciones. Otros inconvenientes son los posibles cambios en el ecosistema y el impacto visual y estructural sobre el paisaje costero.

#### **Desventajas:**

- Impacto visual y estructural sobre el paisaje costero.
- Localización puntual.
- Dependiente de la amplitud de mareas.
- Traslado de energía muy costoso.
- Efecto negativo sobre la flora y la [fauna](#).
- Limitada.

#### **¿CÓMO FUNCIONA LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ?**

La energía mareomotriz se produce gracias al movimiento generado por las mareas, esta energía es aprovechada por turbinas, las cuales a su vez mueven la mecánica de un alternador que genera energía eléctrica, finalmente este último está conectado con una central en tierra que distribuye la energía hacia la comunidad y las industrias.

Al no consumir elementos fósiles ni tampoco producir gases que ayudan al efecto invernadero. Se le considera una energía limpia y renovable. Dentro de sus ventajas el ser predecible y tener un suministro seguro con potencial que no varía de forma trascendental anualmente, solo se limita a los ciclos de marea y corrientes.

La instalación de este tipo de energía se realiza en ríos profundos, desembocaduras (estuarios) de río hacia el océano y debajo de este último aprovechando las corrientes marinas.

#### **Las Mareas**

Participante de este efecto son el sol, la luna y la tierra. Siendo la más importante en esta acción la luna, por su cercanía. La luna y la Tierra ejercen una fuerza que atrae a los cuerpos hacia ellas: esta fuerza de gravedad hace que la Luna y la Tierra se atraigan mutuamente y permanezcan unidas. Como la fuerza de gravedad es mayor cuanto más

cerca se encuentren las masas, la fuerza de atracción que ejerce la Luna sobre la Tierra es más fuerte en las zonas más cercanas que en las que están más lejos.

Esta desigual atracción que produce la Luna sobre la Tierra es la que provoca las Mareas en el mar. Como la Tierra es sólida, la atracción de la Luna afecta más a las aguas que a los continentes, y por ello son las aguas las que sufren variaciones notorias de acuerdo a la cercanía de la L

## **TURBINAS MARINAS HAMMERFEST**

### **Turbinas davis Blue Energy**

En la Actualidad año 2009 y 2010 se ha presentado distintas opciones en modelos ya comerciales para la generación de la energía, hay que indicar que después de los daños ambientales producidos en la central mareomotriz La Rance en Francia construida en 1967 los especialistas en los modelos actuales, han minimizado el impacto sobre la vida marina para no repetir los errores de La Rance. Un ejemplo que se repite es la baja velocidad en que se mueven las turbinas, tal como las puertas giratorias que podemos encontrar en los hoteles o centros comerciales esta baja velocidad no significa que no generen potencia la densidad del agua es mucho mayor que cualquier otro tipo de energía en condiciones optimas.

También existen otras soluciones que están asociadas al aprovechamiento energético marino como:

- La energía maremotérmica : la podemos encontrar en zonas tropicales se obtiene por la diferencia de temperaturas entra las aguas profundas y las cercanas a la superficie marina.
- La energía undimotriz : es la que obtenemos gracias al movimiento de las olas.
- La energía azul: es la energía obtenida por la diferencia en la concentración de la sal entre el agua de mar y el agua de río.

## **CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ**

La explotación de la energía potencial correspondiente a la sobre elevación del nivel del mar aparece en teoría como muy simple: se construye un dique cerrando una bahía, estuario o golfo aislándolo del mar exterior, se colocan en él los equipos adecuados (turbinas, generadores, esclusas) y luego, aprovechando el desnivel que se producirá como consecuencia de la marea, se genera energía entre el embalse así formado y el mar exterior.

Esta energía es, sin embargo, limitada; la potencia disipada por las mareas del globo terrestre es del orden de 3 TW, de los cuales sólo un tercio se pierde en mareas litorales. Además, para efectividad la explotación, la amplitud de marea debe ser superior a los 4 metros, y el sitio geográfico adecuado, lo que elimina prácticamente el 80% de la energía teóricamente disponible, dejando aprovechables unos 350 TW-hr por año (Bonefille, 1976). A modo de resumen se muestran la fig. 1 los proyectos al año 1982.

Uno de los mayores inconvenientes en la utilización aparece precisamente debido a las características inherentes al fenómeno de las mareas. En efecto, como el nivel del mar varía (con un período del orden de 12 has. 30 min. en las zonas apuntadas), a menos que se tomen las precauciones necesarias, la caída disponible (y la potencia asociada) varían de la misma forma, y por lo tanto se anulan dos veces por día. Además, la marea sigue el ritmo de la luna y no del sol, de manera que hay un retardo diario de 30 min., en las horas en que dicha energía está disponible. Los esquemas teóricos diseñados para salvar esta dificultad resultan antieconómicos y actualmente el problema solo se puede resolver con regulación externa o interconexión.

Como contrapartida, un análisis del promedio de amplitudes demuestra que, a los fines prácticos que se persiguen, el mismo puede considerarse constante a lo largo del año e incluso con el transcurso de los mismos (investigadores franceses y rusos señalan diferencias de 4 al 5% en 18 años); desapareciendo el riesgo de los períodos de sequía, característicos de las centrales hidroeléctricas.

## **FUTURO DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ**

Los avances actuales de la técnica, el acelerado crecimiento de la demanda energética mundial, y el siempre latente incremento en el precio de los combustibles son factores primordiales que achican cada vez más la brecha entre los costos de generación mareomotriz y los de las fuentes convencionales de energía. Así lo entienden países como Canadá e Inglaterra, donde se incorpora la misma a los planes energéticos como solución a medianos plazos en el proceso de sustitución de plantas termales.

Respecto a la forma de funcionamiento y construcción de las plantas, actualmente se aceptan ciertas premisas básicas como por ejemplo:

Se asume el sistema de embalse único y simple efecto como el más apropiado desde el punto de vista económico.

En lo que hace al diseño constructivo, se adopta en la mayor parte de la obra el uso de cajones prefabricados (caissons) incluso en reemplazo de los diques complementarios de relleno (éstos se reservan solamente para las zonas intertidales).

La importancia de la organización constructiva se hace evidente en la necesidad de reducir el tiempo de cierre y aceleración de este modo el instante de puesta en marcha. Para ello , se cree conveniente colocar las turbo máquinas con posterioridad al cierre de la obra.

Las turbinas Bulbo y strafflo se usan indistintamente para los estudios comparativos de costos, aunque este último tipo reduce en un 20% el peso muerto (hormigón y balasto) de la obra civil. Sin embargo, todavía no hay en el mercado unidades Strafflo de gran diámetro suficientemente probado. En Annapolis Royal (Canadá), se puso en funcionamiento una unidad experimental ( $d = 7.6$  m.)Que servirá para testear las características de funcionamiento en condiciones reales (whitaker, 1982).

La forma de regulación más conveniente es la incorporación de la producción a sistemas o redes de interconexión (cuya capacidad debe ser por lo menos 10 veces superior a la magnitud de la usina) ; o en su defecto una conexión optimizada con centrales de acumulación por bombeo (Gibson y Wilson, 1979) o hidroeléctrica (Bernshtein, 1965, Godin, 1974).

Una de las ventajas más importantes de estas centrales es que tienen las características principales de cualquier central hidroeléctrica convencional, permitiendo responder en forma rápida y eficiente a las fluctuaciones de carga del sistema interconectado, generando energía libre de contaminación, externa de variaciones estacionales o anuales, a un costo de mantenimiento bajo y con una vida útil prácticamente ilimitada.

Dentro de las desventajas se encuentran: la necesidad de una alta inversión inicial ( por otra parte características de cualquier obra de explotación energética ) sumado al suministro intermitente, variable y desfasado de los bloques de energía.

## **PROYECTOS MÁS CONOCIDOS A NIVEL MUNDIAL SOBRE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ**

### **Onchón, en Corea del Sur.**

La primera central mareomotriz fue la de Rance, en Francia, que estuvo funcionando casi dos décadas desde 1967. Consistía en una presa de 720 metros de largo, que creaba una cuenca de 22 Km<sup>2</sup>. Tenía una esclusa para la navegación y una central con 24 turbinas de bulbo y seis aliviaderos, y generaba 240MW. Desde el punto de vista técnico-económico funcionaba muy satisfactoriamente, y proporcionó muchos datos y experiencias para proyectos del futuro. Rance producía 500 GW/año: 300.000 barriles de petróleo. Sus gastos anuales de explotación en 1975 fueron comparables a los de plantas hidroeléctricas convencionales de la época, no perjudicaban al medio ambiente y proporcionaba grandes beneficios socioeconómicos en la región. Se benefició la navegación del río y se duplicó el número de embarcaciones que pasan por la esclusa, y en el coronamiento de esta estructurase construyó una carretera.

### **Proyecto Kislogubskaya, de Rusia.**

Esta central experimental, ubicada en el mar de Barentz, con una capacidad de 400KW, fue la segunda de esta clase en el mundo. Se empleó un método empleado en Rance: cada módulo de la casa de máquinas, incluidos los turbogeneradores, se fabricaron en tierra y se llevaron flotando hasta el lugar elegido y se hundieron en el lecho previamente elegido y preparado. Se puso en marcha en 1968 y envió electricidad a la red nacional.

El único problema es el elevado costo inicial por KW de capacidad instalada, pero se deberá tener en cuenta que no requiere combustible, no contamina la atmósfera y su vida útil se calcula un siglo.

Por todo ello, sería interesante retomar el estudio de éstas y otras energías renovables no convencionales para asegurar un futuro predecible.

### **La Rance, en Francia.**

En el estuario del río Rance, EDF instaló una central eléctrica con energía mareomotriz. Funciona desde el año 1967, produciendo electricidad para cubrir las necesidades de una ciudad como Rennes (el 9% de las necesidades de Bretaña). El coste del kwh resultó similar o más barato que el de una central eléctrica convencional, sin el coste de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera ni consumo de combustibles fósiles ni los riesgos de las centrales nucleares (13 metros de diferencia de marea).

Los problemas medio ambientales fueron bastante graves, como aterramiento del río, cambios de salinidad en el estuario en sus proximidades y cambio del ecosistema antes y después de las instalaciones.

Otros proyectos exactamente iguales, como el de una central mucho mayor prevista en Francia en la zona del Mont Saint Michel, o el de la bahía de Fundy, en Canadá, donde se dan hasta 15 metros de diferencia de marea, o el del estuario del río Severn, en el Reino Unido, entre Gales e Inglaterra, no han llegado a ejecutarse por el riesgo de un fuerte impacto ambiental.

## CONCLUSIÓN

Después de realizar este trabajo, se llegó a conclusión de que hay que tener en cuenta varios puntos importantes para tener una idea clara sobre el tema.

Lo primero que hay que considerar, es que podemos fomentar el uso de la energía mareomotriz, como así también contar con el uso de todas las energías limpias o alternativas; lo más importante de este punto es terminar de una vez por todas con el uso de combustibles fósiles.

El aprovechamiento del agua como recurso natural, implica tener en cuenta los factores que participan; entre los que podemos citar, la influencia de los astros que producen los movimientos en el mar, o también la presencia de los vientos que producen el oleaje, entre otros; lo más saliente de este uso del mar, es que no contamina. Si bien la inversión de capitales que hay que realizar es grande y que, en nuestro país, es difícil invertir, el uso de energías limpias, es una fuente de ahorro.

Los combustibles fósiles, son los principales productores de energía, también, como dijimos, son responsables en gran parte del calentamiento de la tierra. Si tomamos como base el uso de energías renovables, no sólo evitaríamos la contaminación, sino que también ahorraríamos mucho.

Si tenemos en cuenta que el [petróleo](#), además, constituye un factor sumamente contaminante, solamente tenemos que ver la información sobre los derrames en diferentes ríos y mares; y los hechos desastrosos que causa, no solo en el agua, sino también en la flora y en la fauna.



## BIBLIOGRAFIA

### Libros:

- "[Geografía Económica](#)". Ediciones Macchi.
- "Aventuras de [la Ciencia](#) Energética (un recurso para conocer y cuidar)", Norma Cantón. Editorial Astros.
- "El mundo de la Energía", Luis Postigo. Editorial Sopena.

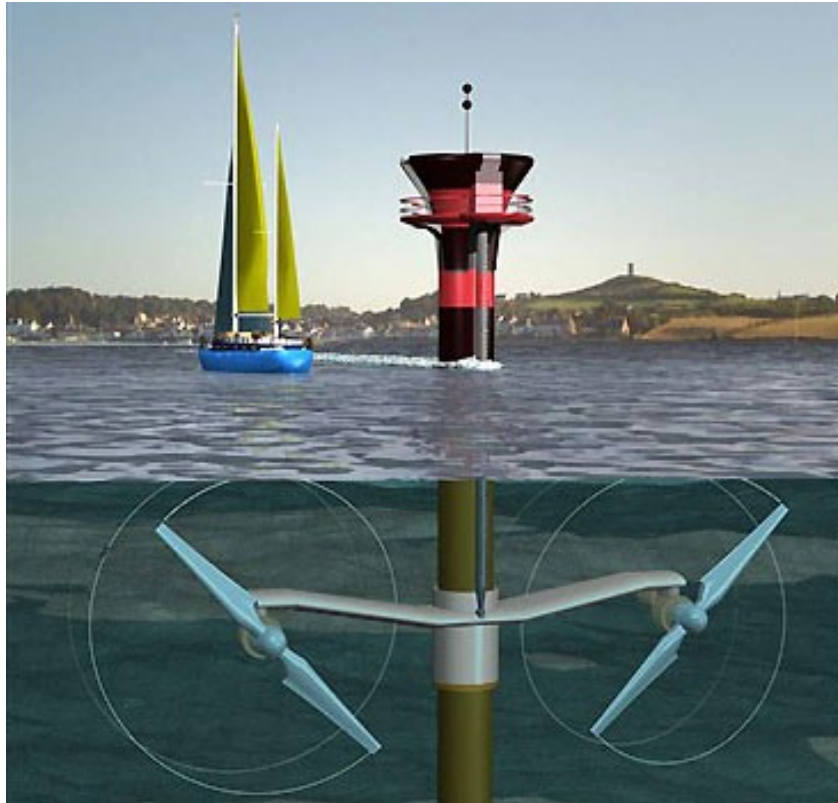
### Páginas [Web](#):

- [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- [www.ambiente-ecologico.com](http://www.ambiente-ecologico.com)
- [www.renovables.com](http://www.renovables.com)
- [www.eldiariomontanes.es](http://www.eldiariomontanes.es)
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

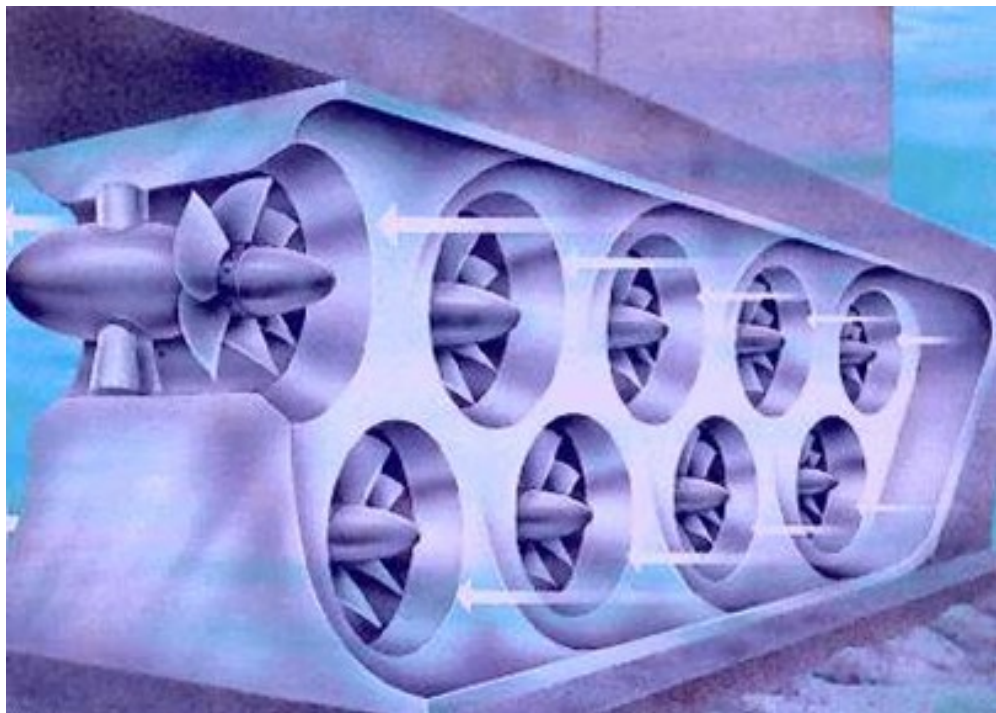
## ANEXOS



**Central mareomotriz La Rance en francia**



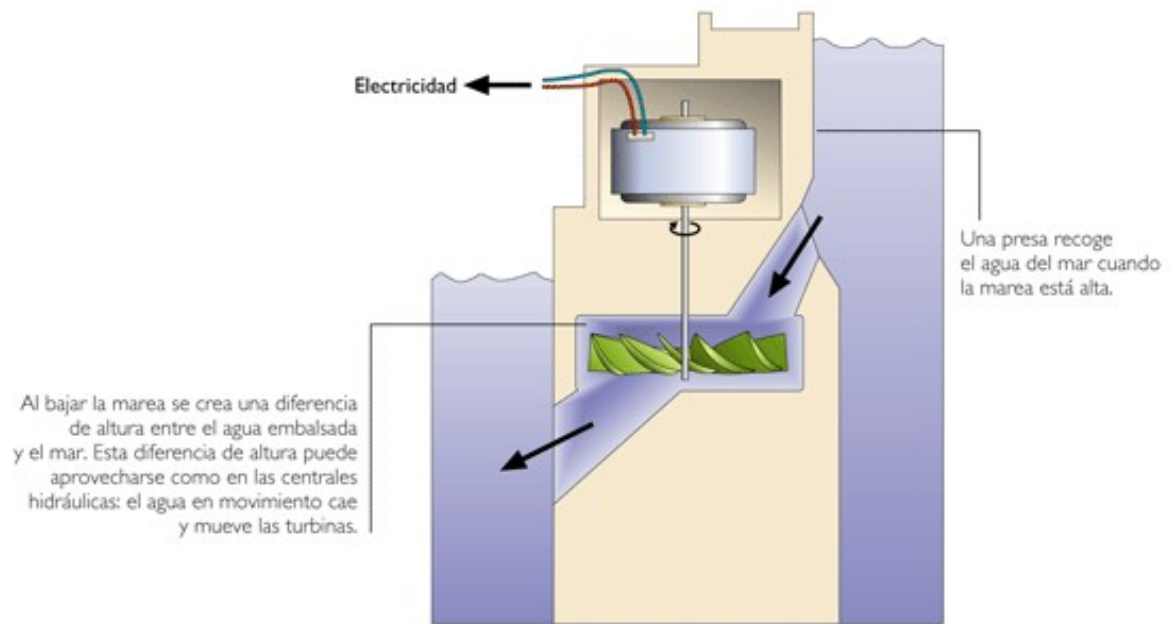
**Generador a base de corrientes marítimas**



**Turbinas generadoras**



**Central generadora mareomotriz**



Esquema de generación mareomotriz