

## Viabilidad de la implementación de energía undimotriz en la costa Pacífica Colombiana

### Viability of the implementation of Wave Energy in the Colombian Pacific Coasts

Gallo-Toro, Ana Sofia\*\*  
 Gutierrez-Beltran, Laura Valentina\*\*  
 Pérez-Gosteva, Tatiana\*\*\*

Proyecto de Aula de VIII semestre de Ingeniería Geográfica y Ambiental, Universidad La Gran Colombia-Armenia.

\*\*Estudiantes de octavo semestre del Programa de Ingeniería Geográfica y Ambiental. [gutierrezbellaura@miugca.edu.co](mailto:gutierrezbellaura@miugca.edu.co), [gallotorana@miugca.edu.co](mailto:gallotorana@miugca.edu.co)

\*\*\*Ingeniera Electrónica, Docente Investigadora de la Universidad La Gran Colombia- Armenia. [perezgostatiana@miugca.edu.co](mailto:perezgostatiana@miugca.edu.co)

#### Resumen

Colombia en los últimos años ha tenido un aumento en la producción de combustibles fósiles y cada vez se incrementa en mayor medida, lo anterior se sustenta bajo datos del Banco Mundial con un promedio de 76,7 % del consumo total de energía bajo fuentes convencionales. A pesar de este alto consumo, podemos evidenciar la creciente problemática social que atraviesan algunas zonas costeras del país en cuanto a la falta de acceso de energía eléctrica para diferentes comunidades de la Región Pacífica Colombiana, comprendida entre la totalidad del departamento del Chocó, y las zonas costeras de los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Nariño. Por ello se ve la necesidad de determinar la viabilidad de la implementación de energía undimotriz en el Pacífico Colombiano, llegando a la conclusión que si es posible su aplicabilidad gracias a sus características y condiciones.

**Palabras clave:** Energías, undimotriz, olas, mareas.

#### Abstract

Colombia, in recent years has had an increase in the production of fossil fuels and each time it increases to a greater extent, the above is supported by data

Correspondencia de autor:

\*\*[gutierrezbellaura@miugca.edu.co](mailto:gutierrezbellaura@miugca.edu.co),

\*\*[gallotorana@miugca.edu.co](mailto:gallotorana@miugca.edu.co)

\*\*\*[perezgostatiana@miugca.edu.co](mailto:perezgostatiana@miugca.edu.co)

© 2018 Universidad La Gran Colombia. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acrediten.

Cómo citar:

Gutierrez-Beltran, L. V., Gallo-Toro, A. S., & Pérez-Gosteva, T. (2023). Viabilidad de la implementación de energía undimotriz en la costa Pacífica Colombiana. *UGCiencia*, 28(1). <https://doi.org/10.18634/ugcj.28v.1i.1278>



from the World Bank with an average of 76.7% of total energy consumption under conventional sources . Despite this high consumption, we can evidence the growing social problems that some coastal areas of the country are facing in terms of the lack of access to electricity for different communities in the Colombian Pacific Region, comprised between the entire department of Chocó, and the coastal areas of the departments of Valle del Cauca, Cauca and Nariño. Therefore, it is necessary to determine the viability of the implementation of wave energy in the Colombian Pacific, reaching the conclusion that its applicability is possible thanks to its characteristics and conditions.

**Keywords:** Energies, wave power, waves, tides.

## Introducción

El aumento de la población en años anteriores ha marcado un antes y un después en el mundo que hoy por hoy se conoce, es evidente que uno de los principales efectos que trae consigo el fenómeno de la sobrepoblación, se basa en el aumento de la demanda de bienes, servicios y productos para satisfacer las necesidades básicas de las personas que conciernen en un mismo entorno. Dado lo anterior, es posible demostrar que se requiere un aumento en la explotación de recursos naturales renovables, no renovables y un consumo indiscriminado.

Así, las fuentes tradicionales de energía como el gas, carbón y petróleo son las principales materias primas de todos los productos que se usan en la actualidad, sin embargo, estas fuentes no son renovables. De acuerdo con la revista *Ambientum* (2021), las reservas de combustibles fósiles se consumen a un ritmo mucho mayor del que se generan, y producirlo ha tardado millones de años. Si se continúa con ese ritmo de consumo de petróleo, se calcula que en 100 años se agotarán las reservas. Los combustibles fósiles han estado inmersos en todos los ámbitos de la cotidianidad y han marcado la historia en cuanto a desarrollo económico, tecnológico y social a nivel mundial. No obstante, se están ocasionando impactos negativos en el medio ambiente como

el cambio climático, incremento de los gases de efecto invernadero y fenómenos atmosféricos, lo anterior a causa de la sobreexplotación de estas energías y su creciente demanda.

Por este motivo, en la actualidad es indispensable apostar por la búsqueda de nuevas energías amigables con el medio ambiente, también llamadas energías renovables, que son aquellas que se producen de manera natural y continua, que son inagotables a escala humana y pueden ser aprovechadas para el beneficio del ser humano, entre ellas las energías hidráulica, eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, undimotriz y a partir de biomasa.

Ahora bien, es posible encontrar grandes alternativas como la obtención de energía eléctrica a partir de las olas u ondas marinas cercanas o alejadas de la costa, que consisten en “El uso de de las corrientes marinas, la diferencia de la temperatura entre el fondo y la superficie oceánica. el calor generado por la dilución del agua salada con el agua dulce en los estuarios.” (Polissero; et al, 2011), también llamada energía undimotriz. Una de las ventajas presentadas en la energía undimotriz corresponde a que “se tendría mayor facilidad para predecir condiciones geológicas óptimas que permitan la mayor

eficiencia en sus procesos. Debido a que es más fácil llegar a predecir condiciones óptimas de oleaje, en comparación con la obtenida con los vientos para obtener energía eólica, donde su variabilidad es menor.” (Calero, R. & Viteri, D; 2018), pudiendo satisfacer en un futuro los requerimientos energéticos de todo un país con tan solo el 2,34% de producción en energía undimotriz mundial.

Un ejemplo de lo anterior es el mar argentino, el cual tiene una longitud de 5.087 Km. Según Polissero et al (2011) tiene una presencia de viento del mar austral que ayuda a coleccionar energía dependiendo de la duración e intensidad del viento que es determinante para la generación de las olas. Asimismo; el movimiento de la masa oceánica hacia la costa es amortiguado por la plataforma submarina, lo que produce un desplazamiento ordenado de las ondas marinas en forma paralela a la costa.

Asimismo, Colombia en los últimos años ha tenido un aumento en la producción de combustibles fósiles y cada vez se incrementa en mayor medida, de acuerdo con datos del Banco Mundial, el 76,7% del consumo total de energía es bajo fuentes convencionales. A pesar de este alto consumo, se puede evidenciar la creciente problemática social que atraviesan algunas zonas costeras del país en cuanto a la falta de acceso de energía eléctrica para diferentes comunidades de la región Pacífica colombiana, comprendida entre la totalidad del departamento del Chocó y las zonas costeras de los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Nariño. Según Árias, et al (2018) estas zonas tienen gran riqueza hídrica y marítima, con un enorme potencial energético. La generación de electricidad a partir de energía undimotriz busca aprovechar la periodicidad y la amplitud de la energía cinética y potencial del oleaje para

generar electricidad. Además, las condiciones atmosféricas de dicha zona potencian la producción de la energía undimotriz, gracias a la presencia de los vientos alisios que van desde el Pacífico colombiano y de toda Sudamérica hacia el oeste del océano Pacífico sobre las costas de Oceanía y Asia.

En este orden de ideas, lo que se pretende en este trabajo es determinar la viabilidad de la implementación de energía undimotriz en el Pacífico Colombiano, bajo una serie de apartados que serán desarrollados a su vez a lo largo de la construcción del documento tales como, Identificar las relaciones atmosféricas y marítimas para la producción de energía eléctrica. Además de especificar la importancia de la energía undimotriz en Colombia, finalmente, establecer métodos y tecnologías óptimas para la implementación de la Energía Undimotriz en el Pacífico.

**Perspectiva teórica:** El análisis de las corrientes marinas y su comportamiento son pilares fundamentales para determinar la viabilidad y el tipo de tecnología que se utilizará de manera más óptima de acuerdo con las condiciones. Además, este permite reconocer el potencial energético aprovechable. Las corrientes marinas son desplazamientos superficiales de las aguas de los océanos, su principal causa son los vientos constantes, la configuración de las costas y la ubicación de los continentes (Moreno, 2016).

Cabe destacar, por su parte que, en el mar se desenvuelven dos tipos de corrientes marinas, las superficiales y las submarinas, estas actúan contrariamente, mientras que las aguas superficiales van de este a oeste, las submarinas van de oeste a este respectivamente, lo anterior como eje de la rotación terrestre. Para el caso

específico de la costa Pacífica colombiana se tienen en cuenta dos corrientes principales presentes en esta zona del continente: La corriente de Humboldt y la contracorriente Ecuatorial del Norte.

### **La corriente de Humboldt**

La corriente de Humboldt es una corriente oceánica fría que fluye en dirección norte a lo largo de la costa occidental de Sudamérica; también se la conoce como corriente Peruana o del Perú. Fue descubierta en 1800 por el naturalista y explorador alemán Alexander von Humboldt, al medir la temperatura de la zona oriental del océano Pacífico frente a las costas de Callao (Perú). Se forma frente a las costas de Chile, Perú y Ecuador debido a que los vientos reinantes que soplan paralelos a la costa arrastran el agua caliente de la superficie. Por este motivo, la temperatura de estas aguas es entre 5 y 10 °C más fría de lo que debería ser, incluso en las proximidades del ecuador.

El agua fría contiene nitratos y fosfatos procedentes del fondo marino de los que se alimenta el fitoplancton, el cual se reproduce rápidamente, favoreciendo así el desarrollo del zooplancton, que se nutre del anterior. A su vez, los peces que se alimentan de zooplancton se multiplican con rapidez, lo que proporciona abundantes frutos para los pescadores y las aves marinas. Esta corriente fría es la responsable de las abundantes brumas o hasta nieblas que se condensan en las costas de Chile y Perú, lo cual posibilita una flora incipiente, a pesar de la poca pluviosidad de esta zona de clima árido y desértico (Cohen, 2007). En múltiples ocasiones esta corriente es desplazada por los vientos alisios que traen consigo el fenómeno del Niño, que constituye una extensión de la corriente ecuatorial y provoca un ascenso de la

temperatura de las aguas superficiales de unos 10 °C.

### **La contracorriente Ecuatorial del Norte**

La corriente de Cromwell (también llamada Contra-Corriente Ecuatorial del Pacífico o sólo Contra-Corriente Ecuatorial) es una corriente subyacente que fluye hacia el este, que se extiende a todo lo largo del ecuador en el océano Pacífico. Tiene 400 kilómetros de ancho y fluye hacia el este. Se oculta a 100 metros de profundidad en el Océano Pacífico en el ecuador y es relativamente estrecha en profundidad en comparación con otras corrientes oceánicas, al tener sólo una profundidad de 100 pies (30,40 metros).

Tiene mil veces el volumen del río Misisipi y su longitud es de 13.000 km. Mientras las corrientes en la superficie del Pacífico fluyen hacia el Oeste, esta lo hace en dirección contraria; el punto de cambio de sentido está a alrededor de 40 metros por debajo de la superficie, y la corriente llega hasta alrededor de 400 metros. El caudal total es de alrededor de 30 000 000 de metros cúbicos por segundo. (INVERMAR, 2003) La velocidad más alta es 1,5 m/s la cual ocurre entre los meses de diciembre a abril y disminuye a 0.5 m/s entre los meses de mayo a junio (es alrededor del doble de rápido que la corriente superficial que va al oeste). (INVERMAR, 2003).

Por consiguiente, de acuerdo con la ubicación geográfica de la región, las condiciones climatológicas y marítimas expuestas, se evidencia características fundamentales que permiten realizar una óptima selección de las tecnologías viables para la Costa Pacífica en concordancia a Moreno (2016) “para poder aprovechar la energía proveniente del mar se han desarrollado diversos tipos de tecnologías

que permiten el almacenamiento de sus aguas en Presas de marea o el movimiento generado por las corrientes las cuales reciben el nombre de “TEC”.

**Metodología:** Las condiciones atmosféricas del Pacífico son óptimas y corresponden a toda la presencia de vientos y direcciones que recorre el mismo hacia el este, potenciando este lugar conocido como la zona de Convergencia Intertropical y su presencia de vientos alisios. Esto permite el aprovechamiento del oleaje del mar para incentivar la energía undimotriz. Además, es fundamental implementar esta energía, pues el Pacífico Colombiano no cuenta con una estructura energética suficiente para poder suplir algunas de las necesidades básicas que requiere la población. Es primordial el aprovechamiento de las corrientes marinas y el viento, pues estas condiciones son ilimitadas, poco invasivas y óptimas para su aprovechamiento. Asimismo, la disminución del consumo de energía por combustibles fósiles, refleja a Colombia como uno de los pioneros en la disminución de gases por efecto invernadero, emprendiendo acciones a favor de la disminución de impactos del Cambio Climático y la utilización de energías verdes o energías renovables. No obstante la falta de estudios técnicos especializados e investigaciones a nivel mundial, hace que tenga unos altos costos y se incurra en un campo desconocido.

Dentro de las principales formas que se encuentran para obtener la energía undimotriz están:

Los absorbedores de punto, que corresponden a “dispositivos verticales que pueden fijarse

directamente en el fondo del océano o encadenarse al fondo del océano para que absorban la energía de las olas desde todas las direcciones. La electricidad se genera utilizando la acción de balanceo del dispositivo flotante. Este tipo de dispositivo fijo se puede utilizar en aguas más profundas donde la energía de las olas es mayor.” (Iagua, 2019).

Los atenuadores de onda o “absorbedores lineales” consisten en, “dispositivos horizontales, orientados paralelos a la dirección de las ondas. Se compone de una serie de secciones cilíndricas vinculadas que pueden rotar entre sí. El movimiento del dispositivo presuriza un pistón hidráulico que hace girar un generador de turbina hidráulica, que produce electricidad.” (Iagua, 2019).

Por consiguiente, la columna de agua oscilante se denota como “una cueva natural con un orificio de soplado o una cámara artificial con un generador de turbina eólica sobre la superficie del agua. Se fija directamente en la costa, perpendicular a las olas. Las ondas dan como resultado una oscilación vertical del agua dentro de la cámara que actúa como un pistón en el aire sobre el agua. El aire comprimido y descomprimido fluye a través del generador de turbina eólica y produce electricidad.” (Iagua, 2019).

En consecuencia, los dispositivos de desbordamiento pueden ser estructuras fijas o flotantes cuyos lados cónicos se colocan perpendiculares a las olas. Luego, las olas fluyen por los lados hasta un pequeño depósito sobre el nivel del mar. La energía potencial del agua se convierte en electricidad al permitir que fluya a través de un generador de turbina Kaplan y regrese al mar. (Iagua, 2019).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que, la energía undimotriz es relativamente reciente y constantemente se están actualizando los métodos más óptimos para el aprovechamiento de la misma. Asimismo,

“Si bien existen diversos tipos de instalaciones, las más destacadas son las de elementos articulados que se mueven junto a las olas, transformando la energía a través de bombas y/o generadores eléctricos lineales; y las de rampa que aprovechan la caída del agua para generar electricidad” (EducarChile,s.f)

## Discusión de resultados

Se evidencia la necesidad de implementación de energías renovables, sea undimotriz o híbrida, la cual permita una perspectiva sostenible a Colombia y más específicamente a la Costa Pacífica Colombiana, la cual por su gran concurrencia turística ha incrementado su demanda energética drásticamente, y al cumplir la energía undimotriz con los aspectos de sustentabilidad propios de una energía verde y además, comprobarse por medio de aspectos y características físicas de la costa, que su implementación si podría ser posible y beneficiosa tanto para la población y economía del territorio, sino también para la disminución de los impactos negativos por parte del aumento desmedido de los combustibles fósiles.

Además, en vista de las condiciones climáticas, geográficas y marítimas de la Costa Pacífica, se ha podido evidenciar modelos óptimos que cuentan con adaptabilidades a esta Región, asimismo, se cuenta con antecedentes de aplicabilidad y funcionalidad en diferentes partes del mundo que cuentan con condiciones semejantes a la Costa. Aunado a esto, es

indispensable tener en cuenta la demanda requerida de energía en la zona para ajustar el modelo en términos energéticos. Algunas de las variables a tener en cuenta son: la demanda del servicio en cada hogar y el tipo de cargas que en promedio se tienen en los hogares (Moreno, 2016)

Por lo tanto, para el desarrollo adecuado de esta energía se deben tener en cuenta diferentes sistemas como:

### Presas de marea

Este tipo de presa aprovecha la energía potencial del mar, a causa de las alturas del oleaje del mar y cuenta con unos diques que permiten contener el agua, luego mediante unas turbinas tipo Kaplan reversible es conducida el agua con el fin de aprovechar el movimiento bidireccional del agua. Depende del tipo de marea se presenta la electricidad. A mayor marea, mayor electricidad, por ende es necesario realizar estudios meteorológicos donde se incluya la dinámica de los vientos y las corrientes ya mencionadas. Sin embargo, las turbinas sirven para tener un movimiento constante y una velocidad que permita ser aprovechable.

### Verdant Power

Este diseño se basa en una hélice de tres palas que está en constante contacto con el mar para aprovechar las velocidades de la corriente con una mayor eficiencia. Las turbinas giran en torno a la corriente del mar y son sostenidas por el soporte, las turbinas aprovechan el flujo y reflujo del mar. La caja de engranajes y el generador se encuentran dentro de la góndola ubicada sobre el soporte, estas están en una caja a prueba de agua. Las turbinas permiten

que se genere energía mecánica y mediante el generador se convierte a energía eléctrica. Además el dispositivo se puede diseñar a escala, de modo que tenga capacidad para el sitio donde se desea instalar y que se optimicen los costos.

Bahía	Profundidad promedio	Pleamar (m)	Bajamar (m)	$\Delta H$ (m)	Velocidad de la Corriente (m/s)	Potencia aprovechable (kW)	Nivel de aprovechamiento
Puerto de Tumaco	25 a 30 m	3.74	1.25	2.49	2.2	2516	Medio
Puerto de Buenaventura	25 a 30 m	4.85	1.74	3.11	2.1	2188	Medio
Juancho	25 a 30 m	4.23	1.13	3.1	1.9	1720	Medio

Fuente: Moreno (2016)

En esta tabla se tienen en cuenta las características marítimas de las bahías de acuerdo con la información suministrada por el Ideam 2015, y se estiman niveles de aprovechamiento de acuerdo a la velocidad de la corriente, la potencia aprovechable en kW. Estas características, asociadas también a las tecnologías mencionadas anteriormente. Este panorama permite otorgar conocimiento clave para estudios especializados que se dediquen a la gestión, operación e implementación de factibilidad de la energía undimotriz en Colombia, específicamente las costas del Pacífico.

Conclusiones: La energía undimotriz es una alternativa viable para la Costa Pacífica colombiana, pues sus condiciones atmosféricas y marítimas son clave para el desarrollo óptimo de este sistema. En vista de sus grandes ventajas, también se refleja unos altos costos por la falta de estudios técnicos especializados, la falta de investigación y la tecnología utilizada.

Se aumentará la cobertura de la red energética en la costa Pacífica, además la construcción, mantenimiento y operación de la central undimotriz representará aumento en los empleos locales.

## Referencias

- Ambientum (2021). “Principales problemas del uso de combustibles fósiles”. Recuperado de: <https://www.ambientum.com/como-conta-ctar-con-ambientum>
- Calero, R. & Viteri, D., (2018). Energía Undimotriz, Alternativa para la Producción de Energía Eléctrica en la Provincia de Santa Elena. Recuperado de: <http://humadoc.mdp.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/643>
- Cohen, B. (2007). Environmentalism, Science, and Audience: Part III on The Humboldt
- Current. ScienceBlogs. Recuperado de: <http://www.scienceblogs.com>
- EducarChile, (s.f). Energía Undimotriz. Recuperado de: <https://www.educarchile.cl/recursos-para-el-aula/energia-undimotriz>

Iagua,(2019). Energía Undimotriz.  
Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/sibylle-soers/energia-undimotriz>

INVEMAR, (2003). Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. Santa Marta: INVEMAR.

Moreno García, H. E. (2016). Estudio de pre-factibilidad para generación de energía mareomotriz en la Costa Pacífica Colombiana. Recuperado de: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_electrica/61](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/61)

Polissero; et al, (2011). Aprovechamiento de la Energía Undimotriz. Recuperado de: <http://humadoc.mdp.edu.ar:8080/bitstream/handle/123456789/642/aprovech%20de%20la%20energia%20und%20%281%29.pdf?sequence=1>

Perdomo Idárraga, A. J., Diaz H. & Palacios J. (2018). Viabilidad técnica de tecnologías para aprovechamiento de la energía undimotriz en la costa del pacifico colombiano. AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA,15 (1), 286-301. DOI:<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4740>AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA•ISSN impreso: 1794-4953 • ISSN online: 2619-6581 • Vol. 15 ( 1 ) •DOI:<https://doi.org/10.18041/avances.v15i1> •pp 286-301 (2018)

Rives, (2020). Taxonomía de Bloom. Recuperado de: <https://imaxinante.com/taxonomia-de-bloom-al-rescate/>