

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/280733655>

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UN MODELO ENERGÉTICO SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES MARINAS DEL CANAL DE LA MONA

RESEARCH · AUGUST 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.3618.8001

READS

32

1 AUTHOR:



William Ernesto Camilo

Universidad APEC

26 PUBLICATIONS 1 CITATION

SEE PROFILE

Título

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UN MODELO ENERGÉTICO SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES MARINAS DEL CANAL DE LA MONA

Autor: Ing. William Ernesto Rafael Camilo Reynoso, PhD.
Universidad Apec, República Dominicana.

1. RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto trata de establecer la capacidad energética de las corrientes y mareas del Canal de la Mona de la República Dominicana, dentro de una amplia zona de estudio de nuestra plataforma marina insular, y de sus singularidades energéticas, teniendo en cuenta los emplazamientos idóneos para la instalación de plataformas marinas de generación eléctrica, con el aprovechamiento óptimo de las corrientes y mareas en nuestro litoral. [1].

Para ello analizamos varios modelos de turbinas hidráulicas para la extracción de la energía del fluido, mediante la caracterización y aplicación de la ley de Betz, Bernoulli y Newton, entre otros. Se trata de la validación y fundamentación del funcionamiento idóneo de las máquinas bajo estudio, para así establecer la factibilidad técnica de nuestros prototipos de generación-marina, mismos que han de ser motorizados por las corrientes de aguas que nos circundan desde el Océano Atlántico al Mar Caribe, y que retornan en un anillo cíclico oceánico. También se prevé en otro proyecto la posibilidad de establecer emplazamientos para el aprovechamiento energético desde las cuencas fluviales de nuestros ríos más caudalosos, con su posible construcción y ulterior explotación.

2. ABSTRACT

This project seeks to establish the energy capacity of the currents and tides of the Mona channel and the main rivers of the Dominican Republic, within a large area of study of our marine insular platform, and its energy singularities, taking into account the sites suitable for the installation of these devices, with the optimum utilization of the currents and tides in our coast.

We analyze various models of hydraulic turbines for the extraction of energy from the fluid, through the characterization and application of the law of Betz, Bernoulli and Newton, among others. Trafficking in the validation and substantiation of the ideal operation of machines under study to establish the technical feasibility of our prototypes of marine-generation, themselves have to be powered by the streams of water that surround us from the Atlantic Ocean to the Caribbean Sea, and which return in a cyclic ring oceanic. In another project is also envisaged the possibility of establishing sites for energy from the river

basins of our rivers more plentiful, its possible construction and its subsequent exploitation.

3. INTRODUCCIÓN

La necesidad de encontrar fuentes de energías renovables para abastecer de potencia eléctrica a nuestras ciudades, ha hecho que entre otras improntas de energías renovables, se hayan desarrollado en el mercado una serie de dispositivos alternativos, no convencionales, para el aprovechamiento de los flujos de aguas en las desembocaduras de los Ríos, de las mareas y de las corrientes marinas.

El uso y explotación de los recursos energéticos naturales como la energía del viento y la de los rayos del sol, tan abundantes en nuestro País, impone una seria reflexión hacia la orientación del currículo de la educación técnica hacia el diseño, construcción y montaje de Plantas de producción de energía eléctrica a partir de las energías alternativas y renovables, en orden a abastecer las necesidades nacionales, racionalizar las divisas y mejorar el medioambiente y el ecosistema.

La República Dominicana posee un gran **potencial de vientos** de hasta **10,000 MW** como puede observarse en el Atlas Eólico de la República Dominicana, elaborado por el laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos de Norte América (NREL), mientras que otro tanto en el **potencial energético de las corrientes marinas** que nos circundan.

Además se cuenta con una posición geográfica privilegiada en cuanto a recepción solar, con significativas extensiones costeras para implementar sistemas de energías alternativas en el mar, con alta proporción de regiones montañosas con múltiples cauces fluviales y pendientes pronunciadas. [3].

Se investiga en otro trabajo el problema de estudio, para que el egresado de ingeniería eléctrica sea capaz de diseñar, construir y explotar fuentes de energías renovables; como los molinos de viento y los colectores solares, además de los potenciales hidráulicos con pequeñas represas, y turbinas marinas entre otros.

Para la caracterización de nuestro **modelo de plataforma marina** para la generación eléctrica, se requiere y se aconseja de un levantamiento completo y detallado del potencial energético de las corrientes marinas de nuestro litoral dominicano, cual se dice es inmenso, al estar alimentado por las corrientes del Océano Atlántico con su corriente del Golfo. Los investigadores estiman que esta corriente del Golfo transporta al norte unos 1,300 millones de megavatios, el equivalente a la producción de un millón de centrales energéticas, no obstante se requieren de estudios de campo para la escogencia del lugar idóneo para el emplazamiento de nuestro proyecto.

En esta primera entrega se realiza el “**Estudio de factibilidad para un modelo energético sostenible a través del aprovechamiento de las corrientes marinas del Canal de la Mona**”, para que en otra entrega siguiente, presentemos el del **potencial energético en la desembocadura de los principales ríos dominicano**.

En principio se realiza una búsqueda bibliográfica, en medios tecnológicos, e Internet dentro del estado actual del arte y la técnica, para establecer los trabajos que en el tema se estén desarrollando, tanto en nuestra región, como en otras latitudes el mundo, y

averiguar la pertinencia, el posible grado y nivel de nuestro aporte al tema. Se visualiza el que a través del desarrollo de nuestro modelo, podamos establecer una propuesta atinente a las soluciones energéticas de la realidad contemporánea, aportando nuestra impronta con innovaciones en líneas y perfiles investigativos de explotación energética no convencional, para satisfacer los requerimientos de nuestro entorno particular y emprender iniciativas establecidas en un FODA operativo.

Vistas nuestras oportunidades ventajosas de explotación, el análisis de las necesidades que se resolverían, la relevancia del proyecto y de su factibilidad tecnológica, que nos propicien la matriz del marco lógica idónea para nuestro proyecto. En un siguiente paso nos adentramos en las fases del diseño, las caracterizaciones y los diagnósticos de nuestro modelo, a través del planteo y simulación de los modelos matemáticos, energéticos, físicos, estructurales, y económicos, que nos indiquen cómo la solución al problema pauta por nuestras hipótesis, satisfacen las expectativas del proyecto, vistas a través del lente de las iniciativas promovidas desde el paradigma científico-tecnológico de nuestra academia, su filosofía, visión y misión.

4. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Se toma como génesis del problema a resolver, la carencia de energía eléctrica que soporta la población nacional como sociedad o ente organizado de ciudadanos; pues nuestro país tiene un déficit promedio de potencia eléctrica de unos **300 MW** diarios. Pues La República Dominicana es un país importador neto de petróleo con una factura anual sobre los **US \$2,300,000,000**. Más de **300,000** hogares no tienen acceso a las redes de energía eléctrica.

Nos obstante no explotamos a cabalidad la gran reserva energética de La República Dominicana, pues la misma llega a poseer un gran **potencial de vientos** de hasta **10,000 MW** como puede observarse en el Atlas Eólico de la República Dominicana, elaborado por el laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos de Norte América (NREL), mientras que también otro tanto en el **potencial energético de las corrientes marinas** que nos circundan.

ESTUDIOS REALIZADOS

El Canal de la Mona en la zona contigua de las aguas litorales dominicanas (Figura 1, y Figura 2), es el lugar de comunicación natural entre el mar Caribe y el Océano Atlántico, limitado por el cabo engaño en el este y la bahía de Mayaguez en el oeste. **Tiene una anchura variable de 107 Km**. El eje del canal transcurre de este a Oeste, con una distancia de 106 Km. sobre el paralelo 18° Norte, 68 ° Oeste. **El Canal de la Mona, posee corrientes que pueden alcanzar las 3 millas náuticas/hora (1.54 mts/seg).**

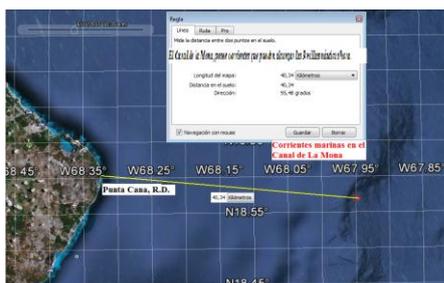


Figura 1. Canal de la Mona influencia

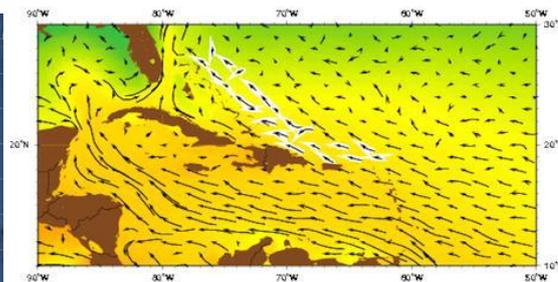


Figura 2. Corrientes marinas en el área de influencia

El potencial energético de las corrientes marinas de nuestro litoral dominicano es inmenso al estar alimentado por las corrientes del Océano Atlántico con su corriente del Golfo. Los investigadores estiman que esta corriente del Golfo transporta al norte unos 1,300 millones de megavatios, el equivalente a la producción de un millón de centrales energéticas.

En los periodos de crecimiento de la marea se puede observar como la diferencia entre las mismas provoca una gran entrada de agua superficial, llegando a generarse la formación de ondas superficiales que se desplazan dentro del Mar Caribe como puede observarse en las siguientes vistas panorámicas de las Figuras 2,3 y 4.

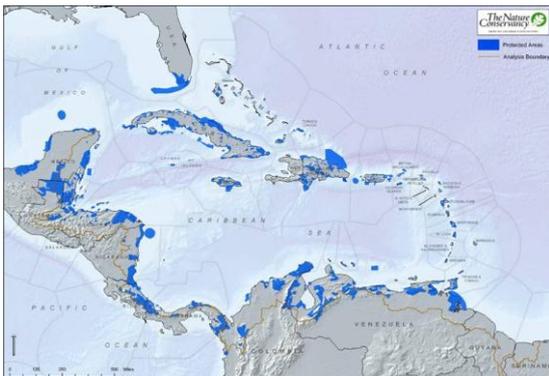


Figura 3. Litoral caribeño

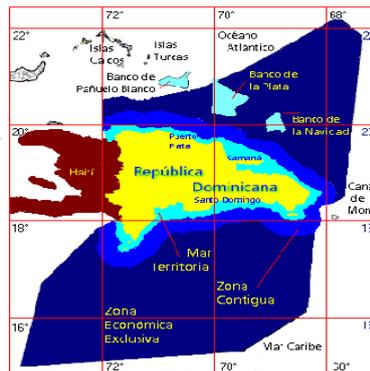


Figura 4. Contorno marino en la República Dominicana

Las **aguas territoriales** de la República Dominicana (o, simplemente, *mar dominicano*) comprendidas entre sus costas, se extienden a una trazada de 6 millas náuticas (11 kilómetros) de las mismas. El Estado Dominicano tiene facultades exclusivas de propiedad y jurisdicción sobre ellas, así como sobre su suelo y subsuelo.

La **Zona Contigua** Dominicana a una franja de otras 6 millas náuticas a partir de nuestras aguas territoriales sobre las que el país tiene derecho de patrullaje a fin de prevenir la violación de los reglamentos de aduanas, sanidad, inmigración o fiscalía, dentro de su territorio o mar territorial. Pero no tiene derecho a impedir el paso de buques de otros países por ella.

Nuestra **plataforma continental o insular** se entiende la parte de la línea costera sumergida, cuya profundidad está entre **200 metros y de 350 metros** en el **Canal de la Mona**. El límite exterior de la plataforma submarina forma lo que se llama **zócalo continental o insular**.

Dicha plataforma insular es reducida (9,484 km²); su anchura promedia unos 7.4 kilómetros. En general es más amplia en la costas norte y este que en la sur. Sus zonas de mayor extensión son de Montecristi a Punta Rucia (abarcando el Banco de Montecristi y los Cayos 7 Hermanos); la Bahía de Samaná; **frente a Cabo Engaño, donde llega hasta 44 kilómetros de la costa; alrededor de la isla Saona; al sur de Baní y en la Bahía de Ocoa; y alrededor de las islas Beata y Alto Velo**. Estas zonas coinciden con las de mayor potencial pesquero del mar dominicano.

Nuestras costas están bañadas por las aguas que desplazan las **Corrientes Ecuatoriales del Norte y Sur** que, con pequeñas variantes, se desplazan de este a oeste.

- La **Corriente Ecuatorial del Sur** se origina en el Golfo de Guinea, dirigiéndose también hacia el oeste y, ante la interferencia del Cabo San Roque (en el noreste de Brasil), se divide en dos ramas: 1) *Corriente de Brasil*, que se dirige hacia el sureste; y 2) *Corriente de Guayana*, que sigue hacia el noroeste y que, luego de unirse sus aguas a las de la Corriente Ecuatorial del Norte, recurva en el Golfo de México y se dirige a Europa con *Corriente del Golfo*. Esta corriente es más rica en nutrientes que la del Norte, debido a los nutrientes aportados por los ríos Amazonas y Orinoco.

La acción de esta doble corriente ecuatorial se manifiesta, para la Hispaniola y demás islas del área, en una doble corriente regional:

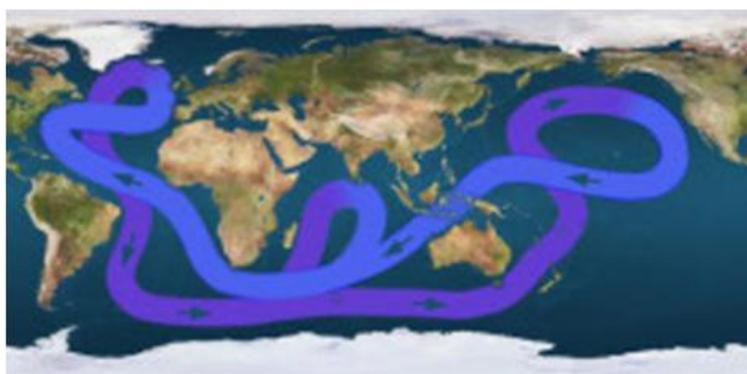


Figura 5. Trayectoria de las corrientes marinas con presencia en nuestra costa atlántica.

1. **La llamada Corriente de las Antillas baña la costa norte (Atlántica)** de las Antillas Mayores y está integrada todo el año por aguas proporcionadas exclusivamente por la **Corriente Ecuatorial del Norte**. La **Corriente del Caribe** baña la costa sur de las Antillas Mayores, distinguiéndose dos épocas:
 - a. Junio a noviembre. Sus aguas provienen básicamente de la Corriente Ecuatorial del Norte, a partir de la línea Martinica - Honduras.
 - b. Noviembre a junio. La Corriente Ecuatorial del Sur invade totalmente el Mar Caribe, desplazando a la Corriente Ecuatorial del Norte.

Las mareas son predominantemente semidiurnas (dos pleamares y dos bajamares diarias), de escasa amplitud, que promedia 90 cm. en la costa norte y 30 cm. en la costa sur.

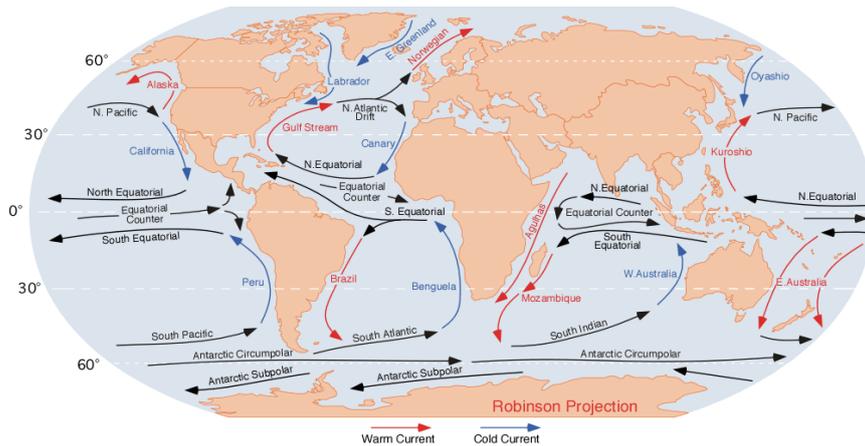


Figura 6. Mapa de todas las corrientes marinas a nivel mundial

El oleaje que azota la costa proviene de los vientos alisios. La mayor parte del tiempo las olas se mueven del este, coincidentes con la dirección predominante del viento. El patrón es similar durante todo el año.

Las olas de mayor período (*mar de fondo*) provienen, con más frecuencia, del sudeste. Estas olas son formadas por disturbios en el Caribe. Durante el verano, olas de 2-4 metros de altura vienen del sudeste el 5% del tiempo.

La temperatura promedio del océano es de aproximadamente 17.5 °C.

Las aguas cálidas superficiales transmiten el calor a las aguas próximas debajo de ellas formando una **zona de productividad, aproximadamente de 200-400 m**. A los 1000-1800 m la temperatura disminuye gradualmente y bajo los 1800 m el agua se mantiene fría.

Circulación Global del Aire y Patrones de Precipitación

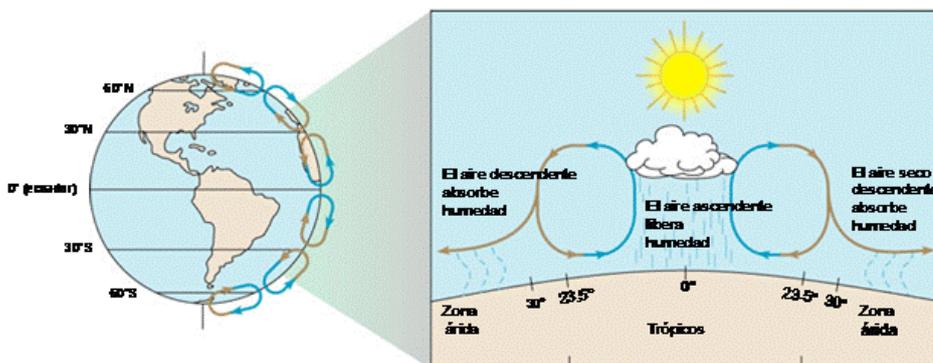


Figura 7. Corrientes Geostroficadas

Hay dos tipos de corrientes en el océano: las corrientes superficiales, que constituyen el 10% del agua del océano y se encuentran desde los 400 m hacia arriba y las corrientes de agua profunda o la circulación termohalina que afectan el otro 90% del océano.

4.2. CIRCULACIÓN OCEÁNICA

Se establece una circulación de grandes masas de agua más o menos constante debido a la combinación de dos tipos de corriente, una por la compensación de densidad y la otra

por corrientes de arrastre. De este tipo de corriente, las más conocidas son: la corriente del golfo que fluye en dirección NE transporta las cálidas aguas del golfo de México hasta las costas de Europa. la corriente del labrador fluye en dirección contraria desde las costas del labrador y terra-nova transportando agua de las regiones cálidas.



Figura 8. Pronóstico de corriente en chorro en el Caribe

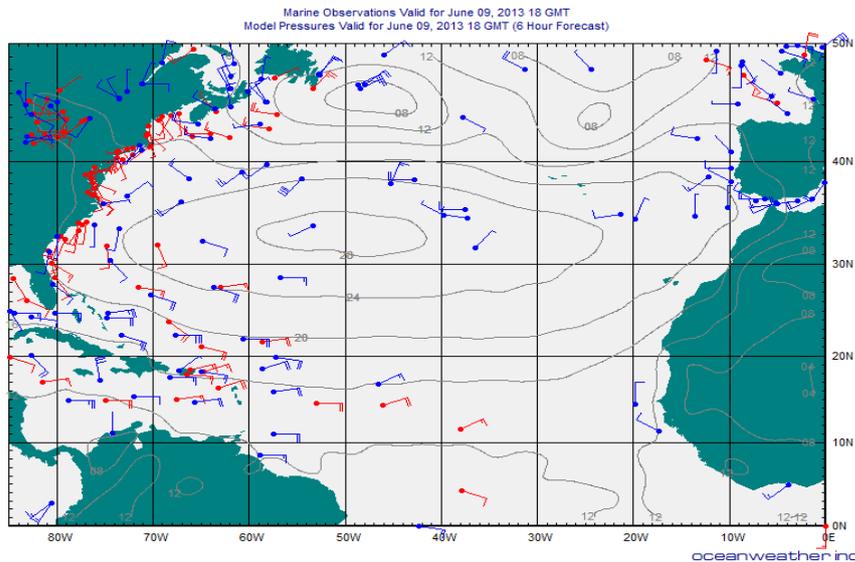


Figura 9. Corriente marina en el Atlántico Norte

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General:

Establecer un modelo de plataforma de generación eléctrica a partir del potencial energético útil, de las corrientes marinas en el Canal de la Mona.

5.2 Objetivos Específicos:

1.- Establecer los escenarios hidrológicos de la profundidad de los flujos marinos mediante la caracterización del modelo energético, a través de las velocidades, el caudal y las direcciones de los mismos, para hacer las recomendaciones pertinentes sobre la explotación de esos recursos.

2.- Diseñar la estructura de generación electro-marina mas adecuada al entorno y sus posibilidades económicas-geopolíticas.

3.- Evaluar la factibilidad del manejo de los recursos energéticos en el litoral dominicano, y de la implementación del modelo energético propuesto de manera práctica y provechosa al país.

5.3 Resultados e impactos esperados al término del proyecto:

R.1 Documentada y procesada la información pertinente para la instalación de una plataforma marina de generación de energías no convencionales económica, continua y sencilla a través de las corrientes marinas del Canal de la Mona que pueda abastecer unos 1,450Mwatts, los que representan el 72.5% de la demanda energética del Sistema Nacional Interconectado (SENI) de 3,394.1Mwatts y unos ingresos de US\$76.96 millones/año, con el consecuente impacto de ahorro de divisas y de la reducción de la contaminación medioambiental.

R.2 Capacitados profesores y estudiantes en el nuevo sistema de explotación energética renovable.

R.3 Resultados del proyecto difundidos a la sociedad dominicana.

6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El potencial energético de las corrientes marinas de nuestro litoral dominicano es inmenso al estar alimentado por las corrientes del Océano Atlántico con su corriente del Golfo. Los investigadores estiman que esta corriente del Golfo transporta al norte unos 1,300 millones de megavatios, el equivalente a la producción de un millón de centrales energéticas.

Este proyecto se presenta atendiendo los siguientes aspectos de interés para la República Dominicana:

- _ Establecimiento, caracterización y diagnósticos de fuentes no convencionales para la obtención de energías limpias renovables.
- _ Identificación y delimitación de las inversiones y trabajos necesarios en esta fase exploratoria de documentación y medición de campo in
- _ Identificación de indicadores de pertinencia y practicidad de los alcances de este tipo de proyecto.
- _ Identificación del potencial real disponible.
- _ Identificación de las profundidades, velocidades, flujos y caudales reales en nuestra área de influencia al litoral marino dominicano.
- _ Identificación de actividades que se deben establecer como estrategias de trabajo para desarrollar unos prototipos y unas pruebas a escala, que pudieran replicarse en tamaño útil.
- _ Identificación de todos los detalles marinos, geopolíticos, navales, administrativos, que se deben tener en cuenta para el proyecto de explotación energética del canal de la Mona. _Identificación del entrenamiento y preparación del personal que trabaje en los detalles del proyecto marino-energético.

Con esto se atiende los siguientes puntos prioritarios para la gestión energética y del cuidado medioambiental en la República Dominicana.

7. ANTECEDENTES

Se han desarrollado multitud de experimentos con distintos dispositivos para demostrar la posibilidad de explotación a nivel industrial de esta forma de energía. [4].

En la actualidad existen ya desarrollados diversos modelos que intentan aprovechar las corrientes marinas, para generar energía eléctrica.

8. ESTADO DEL ARTE

Los estudios científicos sobre los estrechos y su peculiar circulación bicapa, comenzó con las experiencias del naturalista italiano Marsigli en 1618 que demostró con experimentos sencillos la existencia de intercambios de masas de agua para dos cuencas de diferentes salinidades conectadas por un estrecho. La comprobación de la existencia de una estructura de flujos similar en el estrecho de Gibraltar se produjo en 1870 cuando Carpenter y Jeffrays encontraron un flujo de agua saliente a unos 300 m durante las campañas de preparación del Challenger. Expediciones y trabajos posteriores como los de Buchaman (1877) y Nielsen (1912), contribuyeron a definir los límites de la estructura baroclina. Todos estos modelos trataron de representar la doble corriente bicapa que se establecen, y cuyo motor es la diferencia de salinidad entre ambas masas de aguas, las mareas que se producen en el Atlántico y se introducen en el Mar Mediterráneo, y las corrientes inducidas por los vientos locales. [6].

Otros autores como Lacombe y Richez (1982) profundizaron en los fenómenos dinámicos de diversas escalas temporales. Bryden (1994) y Candela (1989) realizaron estudios sobre el intercambio de caudal y la importancia de las mareas semidiurnas y la energía subinercial.

Con respecto al estudio de la explotación de las corrientes como fuente de energía se han realizado estudios de determinación de la densidad de energía en las costas británicas, siendo el parámetro más importante el pico de marea y la velocidad de la corriente.

8.1. Generador Stingray

Este generador, se sitúa en el fondo marino, mediante una base metálica suficientemente estable, siendo su principio de funcionamiento el cambio de ángulo de ataque de un perfil hidrodinámico. Este cambio de ángulo de ataque, provoca en el perfil un movimiento oscilatorio, que se transmite por medio de dos brazos metálicos a bombas neumáticas, conectadas a generadores eléctricos, que a su vez transmiten la corriente generada mediante emisarios submarinos.

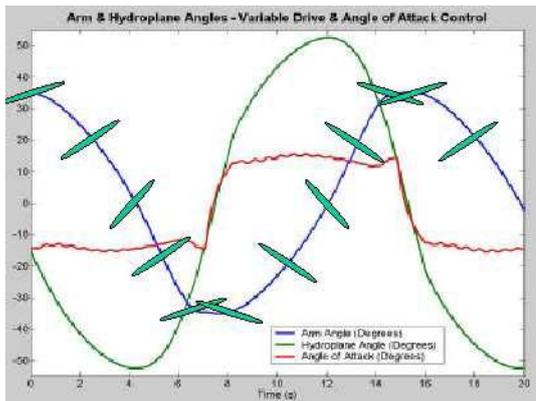


Figura 10. Generador Stingray y esquema del movimiento

Este generador en prueba se ha dimensionado para obtener una potencia de 150 Kw. con una velocidad de corriente no inferior a 1.5 Kn. ($1.5 * 1,852 = 2,778$ mts/Hr.= 0.77 mts/Seg.). Los resultados en cuanto al mantenimiento y fiabilidad todavía no son públicos.

8.2.- Turbina marina

La segunda opción que se está probando actualmente es el diseño del molino sumergido. La concepción de este dispositivo, proviene del diseño de aerogeneradores en tierra, y consta de un molino sumergido a una cierta profundidad y fijado a un pilar central fondeado al suelo marino. De este diseño existen varias modelos variando el número de hélices o el tipo de fondeo (Monopile, Jacket, Tensión Leg, etc.).

Estos molinos poseen hélices de 15 a 20 m de diámetro acopladas directamente a un engranaje multiplicador que mueve el generador eléctrico, con una potencia unitaria estimada de 500 a 1000 Kw. (1 Mwatts), pudiéndose agrupar en conjuntos de 10 a 20 unidades.



Figura 11. Parque mareomotriz

Los principales problemas detectados en este modelo son los causados por la cavitación en puntas, el mantenimiento que requiere un buque auxiliar y la extracción del conjunto hélice y generador.

Existen dos empresas que desarrollan este tipo de molinos como son SwanTurbinas y Tidal Stream. Esta última empresa ha desarrollado modelos flotantes de turbinas sumergidas que permitirían, en grupo de cuatro hélices, llegar a 4 Mw.

La operación y mantenimiento de esta última versión es altamente eficaz, siendo orientable a las corrientes, fácilmente instalable y con un mantenimiento en superficie fácil. Las siguientes imágenes muestran estos generadores flotantes y la posición de flotación y mantenimiento.

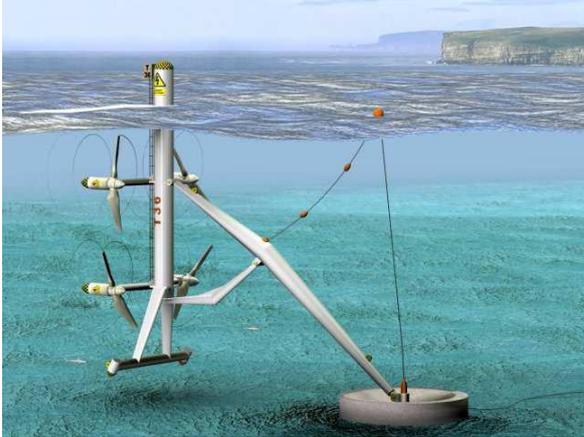


Figura 12. Modelo Generador Tidal Stream

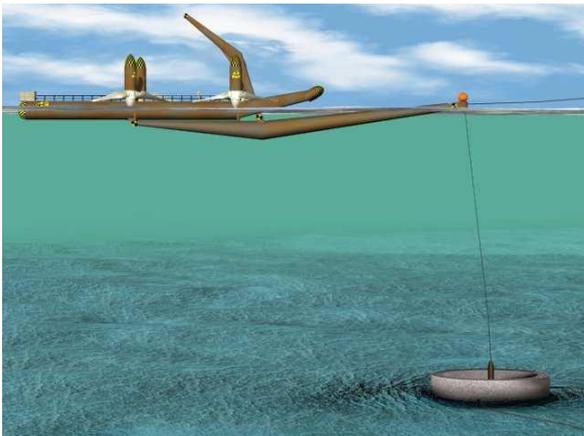


Figura 13. Mantenimiento Generador Tidal Stream

8.3.- Kobold Turbine generator

La idea de este generador es aprovechar la geometría de los propulsores tipos Voith Schneider para desarrollar un generador que pueda extraer energía de las corrientes submarinas mediante unas palas verticales. La ventaja de los generadores verticales radica en la simplicidad de su construcción y la adaptabilidad a los cambios de dirección de corriente.

Existe una instalación en el estrecho de Messina desde Junio del 2001 que esta demostrando su perfecta operatividad. Este dispositivo ha alcanzado un rendimiento del 23 % . Los estudios demuestran que estos rendimientos podrán ser incrementados hasta el 54%. El prototipo tiene una potencia de diseño de 100 Kw. con una superficie de 30 m².

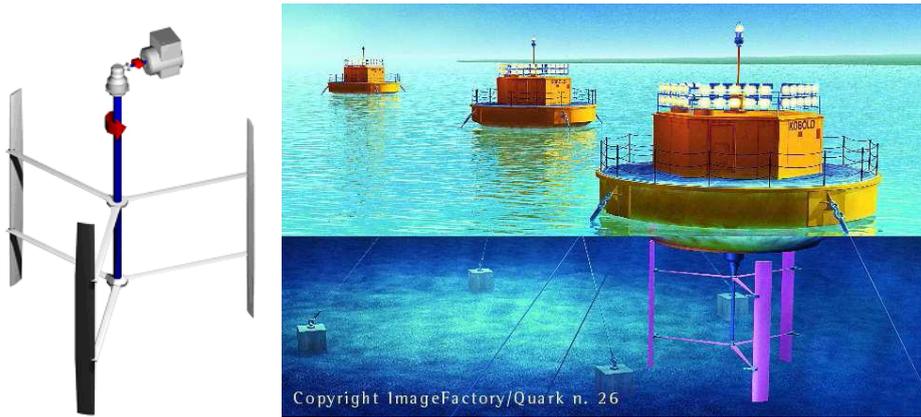


Figura 14. Generador Kobold

8.4.- Rotech Tidal Turbine (RTT)

La idea de este generador se basa en la utilización de las actuales turbinas hidroeléctricas, utilizando unas toberas convergentes-divergentes para optimizar el rendimiento. Esta turbina está apoyada sobre el fondo marino. El prototipo actual tiene una capacidad de generación de 1MW.

Por ahora se trata solo de un prototipo que será instalado en el año 2008 en las costas Británicas, aunque se prevé que estos dispositivos se instalen formando granjas marinas para la producción de energía eléctrica, pudiéndose elevar el tamaño del generador hasta alcanzar los 2 MW.

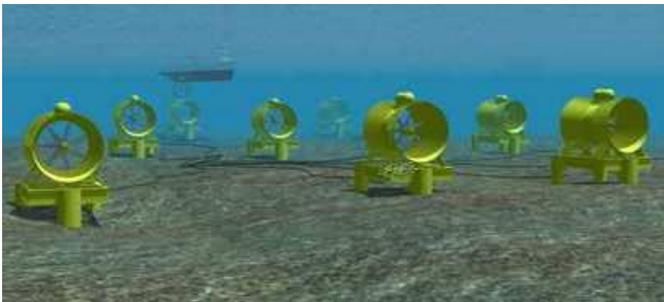


Figura 15. Parques de Generadores de Corriente tipo RRT

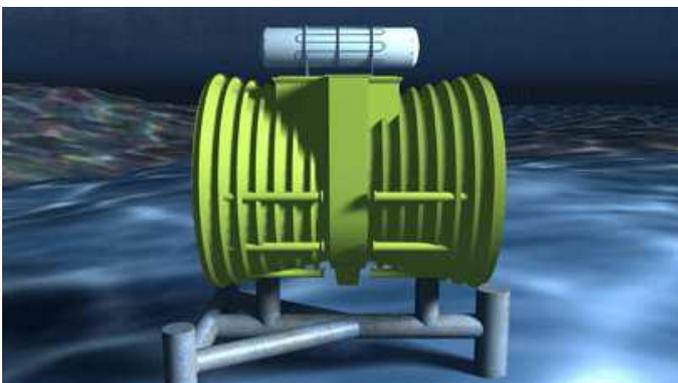


Figura 16. Generador RRT

La tobera introducida aumenta la velocidad de la corriente y mejora la eficiencia debido a que se consigue un ángulo de ataque óptimo de la pala. La

tobera, según los estudios realizados puede conseguir doblar la energía obtenible.

8.5. Blue Energy Ocean Turbine

Este tipo de generador reúne las características de los propulsores tipo Voith Schneider, con una construcción que asemeja a toberas convergentes-divergentes, lo que le permite acelerar la corriente y optimizar el rendimiento

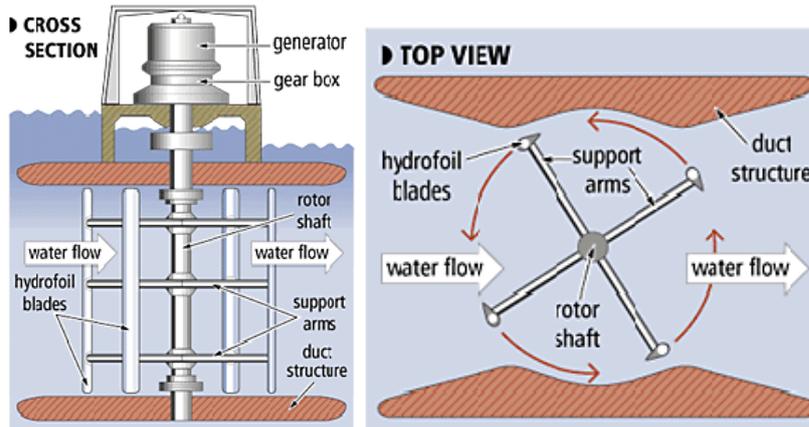


Figura 17. Generador Blue Energy Ocean Turbine

Estos generadores poseen la ventaja de ser estructuras flotantes y que conservan la parte eléctrica accesible para el mantenimiento. Además tienen una gran versatilidad en la instalación pudiéndose instalar en ríos, mediante fondeo cerca de la costa o formando barreras que pegadas a la costa suponen una buena solución para el problema de llevar la electricidad a tierra.

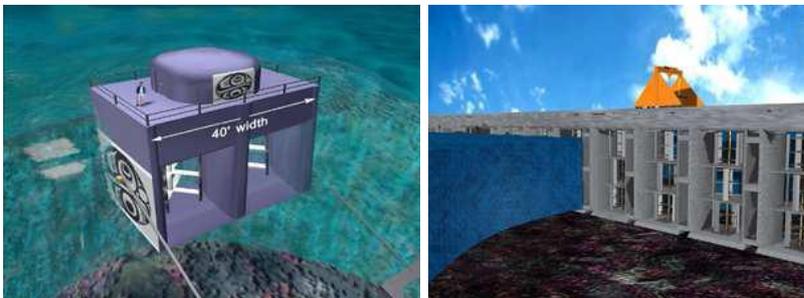


Figura 18. Instalación del generador Blue Energy

Existen pequeños generadores prototipo de 250 Kw., aunque con construcción en forma de Barrera de mareas podría generar , acoplándose varios de estos dispositivos potencias de 7 a 14 MW. [8].

9.- Producción anual

Una vez conocidos las curvas de potencia y probabilidad así como el factor de disponibilidad, estimar la producción anual es muy simple. Para cada intervalo de, digamos, 0,1 m/s de la velocidad multiplicamos la probabilidad de ese intervalo de velocidades por el valor correspondiente de la curva de potencia. Si sumamos todas estas contribuciones infinitesimales obtenemos la potencia media de un año. Si multiplicamos el valor obtenido por

24 y por 365 tenemos la producción energética anual en Kw·h producida MCHFAC. Solo falta afectar el valor obtenido por el coeficiente de disponibilidad y obtendremos el resultado buscado.

En términos matemáticos:

$$PA(Kwh / año) = FD.24.365 \int_{-\infty}^{+\infty} Prob(v) dv$$

9.1.- Coste de operación y mantenimiento

De nuevo nos encontramos ante un dato sobre el que no existe todavía un estudio histórico para poder evaluarlo correctamente. [7].

Se sugiere usar como referencia los parques de aerogeneradores. En este caso se destina cada año entorno al 1,5% del coste de las turbinas a su mantenimiento y operación.

9.2.- Tarifas eléctricas

Para poder calcular el importe de las ventas de electricidad es necesario conocer el precio de venta de la electricidad. Para este tipo de centrales existen varios sistemas de tarifas. En uno de ellos el precio depende del momento del día en que se suministra energía pico y también de los incentivos del estado dominicano.

9.3.- Fondos generados

Para calcular los fondos generados por las ventas de la electricidad multiplicamos los Kw·h aportados a la red por su precio de venta. Para calcular la energía producida se construye una curva de caudales clasificados con una forma similar a la de las corrientes marinas conocidos.

9.4.- Flujos de caja estimados

Caudal medio corrientes marinas (m3/s)	2,856,700.00
Velocidad media (m/s)	1.54
Producción Anual (Kw·h)	1.2528 10^
Factor Capacidad	26.56%
Precio Kwh (US\$)	0.72 cent.
Inversión inicial (US\$millones)	553.00
Fondos Generados/año (US\$millones)	90.35
Fondos Absorbidos/año	-13.39
Tasa de actualización	1.07

Tabla 5. Flujos de caja

Los resultados finales de la inversión planteada son:

Valor Actual Neto US\$76.96 millones

Tasa Interna de Retorno 13.91%

Payback 7.2 años

Para una potencia instalada de **1,450 MWatts**, con **100 unidades de 1.45 Mw c/u.** con un valor por unidad instalada de US\$5.53 millones por unidad.

Para las consideraciones que hemos estudiado se asume la rentabilidad de este proyecto de sustentabilidad energética y medioambiental en la República Dominicana.

10.- CONCLUSIONES.

Se requiere de un estudio serio en el campo para conceptualizar y modelar nuestra plataforma energética a ser instalada en un entorno marítimo dentro de un área del Canal de la Mona en estudio, el cual corresponde a la zona marítima delimitada entre la Latitud $18^{\circ},29',07.54''N$, y $68^{\circ},00',30.06''W$ de Longitud, contando desde nuestra costas en **Punta Cana**, con unos 5.3 kms como límite máximo de nuestro posible emplazamiento marino-energético dominicano.

Así que concluimos el que las corrientes marinas del Canal de la Mona podrían abastecer de forma sostenible y sustentable, continua, eficiente y económica unos **1,450 Mwatts**, a nuestro sistema energético nacional, los que representan el 72.5% de la demanda energética del Sistema Nacional Interconectado (SENI) de los **3,394.1 Mwatts** que este maneja, y unos ingresos de **US\$76.96 millones/año**, con el consecuente impacto de ahorro de divisas y de la reducción de la contaminación medioambiental.

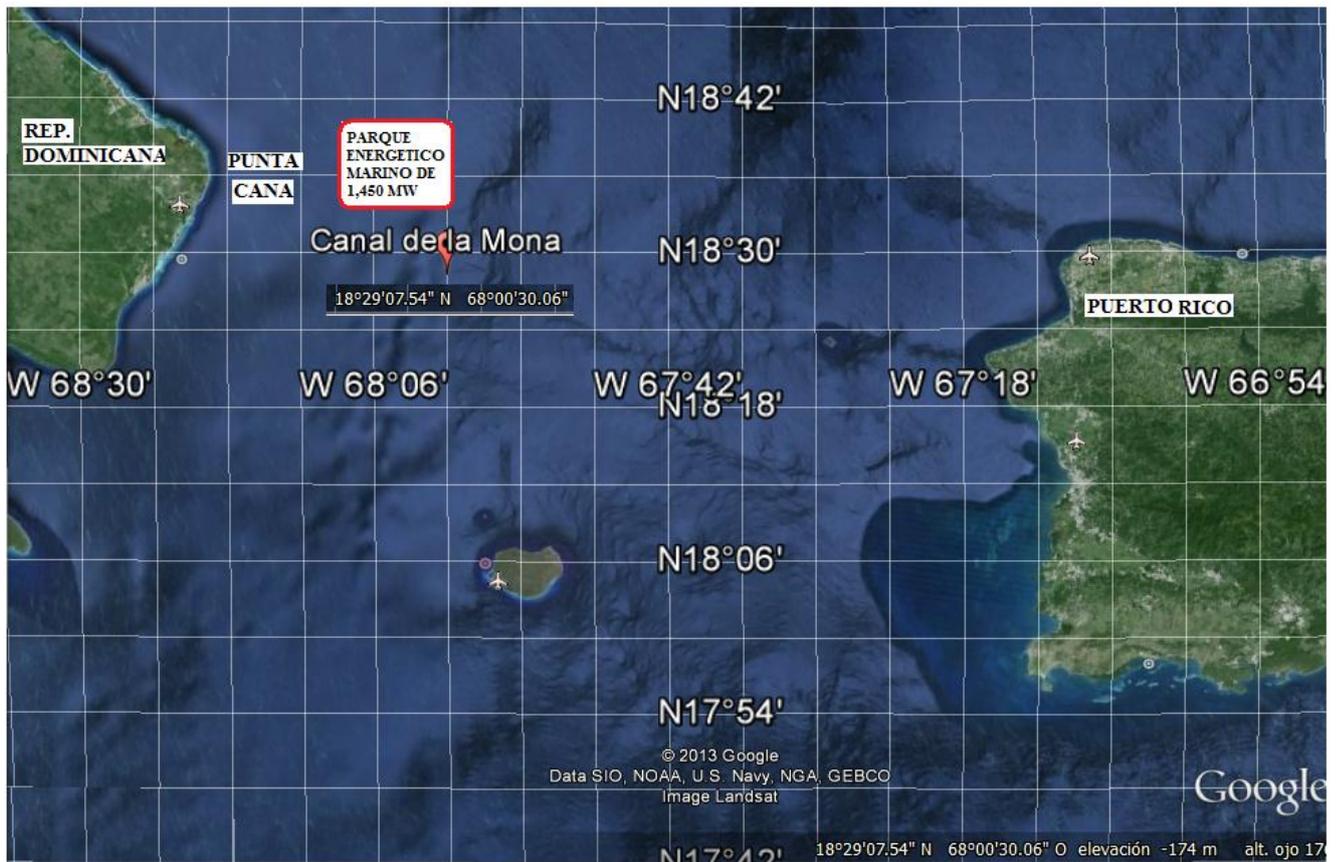


Figura 19. *Parque Energético* para La producción de **1,450 MegaWatts** a través de las *Corrientes Marinas del Canal de la Mona*.

11.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. Alvarez, V. y J. Quezada 1989. Distribución espacial de mangles, pantanos y/o salados de la República Dominicana (mapa). En: Estudio preliminar de la Biodiversidad costera y marina en la República Dominicana. pp 2-14.
- [2]. Informe 2004 “Survey of Energy Resources”, World Energy Council
- [3]. José E. Marcano, El Mar Dominicano, geografía nacional dominicana, 2012, Santo Domingo, D.N., <http://www.jmarcano.com/mipais/geografia/mar.html>
- [4]. Fraenkel (2006). “marine Current Turbines Ltd’s, Tidal turbine developments: The development of an entirely new energy conversion system”. Proceedings of World maritime Technology Conference, march 6-10, London (UK).
- [5]. Real Decreto 1028/2007, de 20 Julio, “Procedimientos administrativos para otras tecnologías de generación marinas.
- [6]. HYDRATIDAL ENERGY TECHNOLOGY WO 03/006825, 23 January 2003 , Patent of plant , generator and propeller element for generating energy from watercurrents.
- [7]. IT Power Ltd GB 2256011A, 22 May 2005 , Patent of floating water current turbine system.
- [8]. Juanes González, Juan Manuel U 200701772 ,09 Octubre 2007, Modelo utilidad: Buque de transformación de las corrientes marinas.

12.- SITIOS WEB

- [1] <http://www.jmarcano.com/mipais/geografia/mar.html>
- [2] <http://www.valeport.co.uk/indexlayers.htm> : Material para la realización de aforos directos.
- [3] <http://www.retscreen.net/fr/menu.php> : Energías renovables.
- [4] http://www.isarm.org/dynamics/modules/SFIL0100/view.php?fil_Id=231
- [5] <http://www.medioambiente.gov.do/cms/archivos/web/cambioclimatico/doc/estnac/hidricos.pdf>
- [6] **Sadoc Solano, Formas del relieve dominicano,**
<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/relieve-dominicano/relieve-dominicano.pdf> [12] José Marcano. “Mi País”. Geografiarios, República Dominicana, 2005.
- 2.) <http://www.solucionespracticas.org.pe/fichastecnicas/pdf/FichaTecnica25-Turbina%20de%20rio.pdf>
- 3.) <http://www.jmarcano.com/mipais/geografia/rios/>