



# **Introducción de Tecnologías para Generación de Electricidad a partir de Energía Renovable Oceánica Proveniente del Movimiento de las Olas en Pequeñas Comunidades Costeras en República Dominicana**

# **Estatus de la Energía Oceánica a Nivel Mundial**

**Aplicabilidad en República Dominicana**

# ¿Qué es Energía Oceánica?

Los océanos producen cinco tipos de energía renovable:

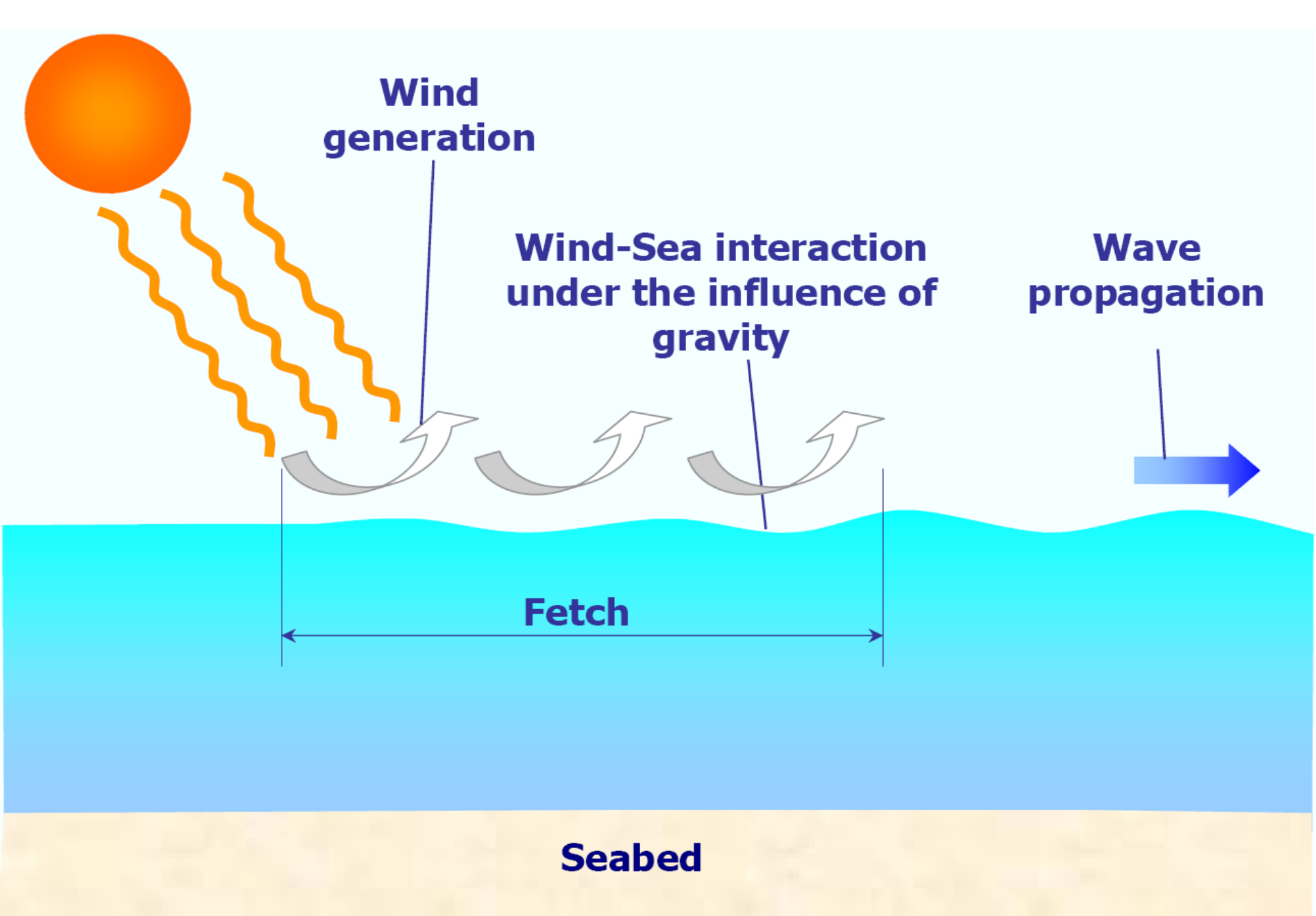
1. La **energía de las mareas o energía mareomotriz** es la que resulta de aprovechar las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de La Tierra y La Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del sol sobre las masas de agua de los mares
2. La **energía de las olas, o energía undimotriz**, ha sido acogida como la más prometedora fuente de energía renovable para los países marítimos. Las olas se forman en cualquier punto del mar por la acción del viento; 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.

# ¿Qué es Energía Oceánica?

- 3. La energía de las corrientes marinas.** Para que esto se produzca es necesaria una velocidad superior a 5 nudos, equivalentes a 12 m/s en aire que movieran las turbinas.
- 4. La conversión de energía térmica oceánica o energía del gradiente térmico** 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 varía entre 20 y 24° C.
- 5. Por último, tenemos la diferencia de salinidad entre el agua de los océanos** y el agua de los ríos se mantiene esencialmente por evaporación del agua de los océanos y por lluvia recibida por los ríos. En estas zonas puede obtenerse energía debido a las diferencias de presión osmótica lo que se denomina energía del gradiente salino.

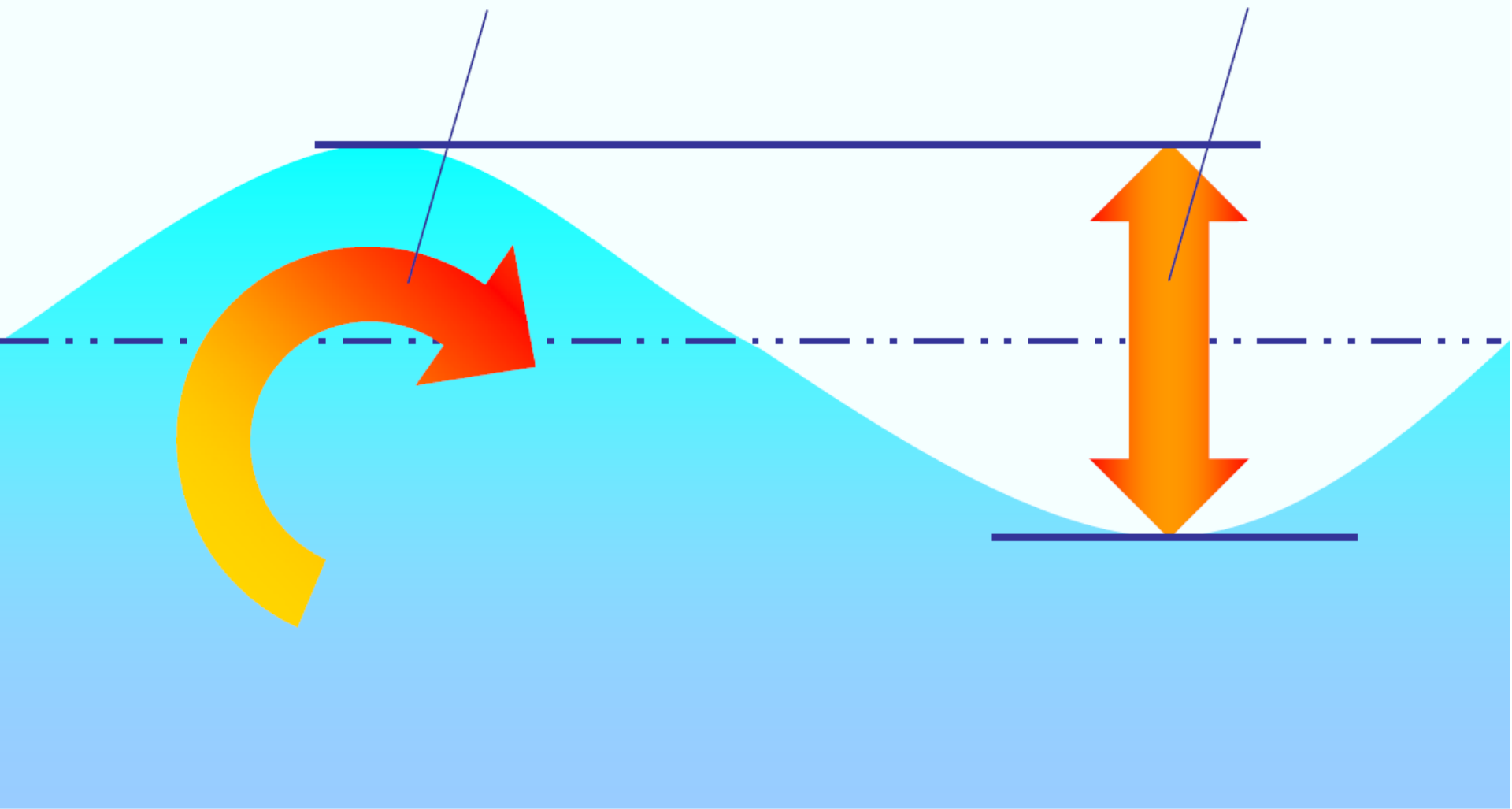
# ¿Qué es Energía Oceánica?

**Preliminarmente, la energía oceánica con más potencial para su uso en República Dominicana es la energía proveniente de las olas o la undimotriz.**



**Kinetic Energy**

**Potential Energy**



# Energía Renovable Proveniente de las Olas

## Cálculo del Flujo de Energía de las Olas



# Intensidad de Potencia

- Energía Solar =  $0,17 \text{ kW/m}^2$
- Energía Eólica =  $0,58 \text{ kW/m}^2$
- Energía de olas =  $8,42 \text{ kW/m}^2$

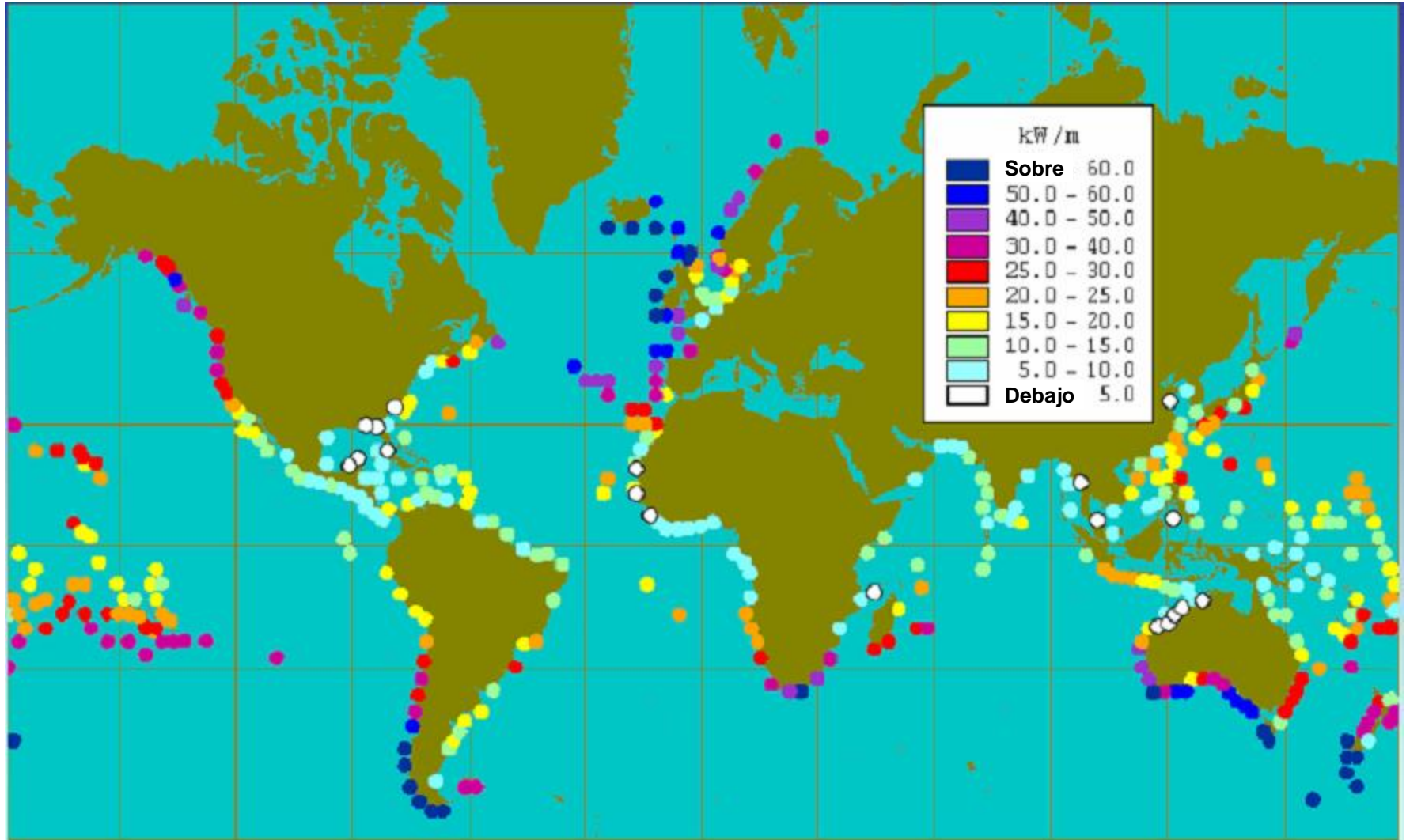
# Energía Renovable Proveniente de las Olas

## Energía por Cresta de Ola (en kW/m)

		T, en Segundos							
		6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
H, en metros	0,50	1	1	1	1	1	1	1	1
	1,00	3	3	3	3	4	4	4	4
	1,50	6	7	7	8	8	9	9	9
	2,00	11	12	13	13	14	15	16	17
	2,50	17	18	20	21	22	24	25	26
	3,00	25	26	28	30	32	34	36	38
	3,50	33	36	39	41	44	46	49	51
	4,00	44	47	50	54	57	60	64	67

# Energía Renovable Proveniente de las Olas

## Distribución Geográfica del Recurso



Existen pocas costas con un flujo de energía de olas menor a 5kW/m

# **Recurso de Energía de Olas en las Costas de Barahona**

# Recurso de Energía de Olas en las Costas de Barahona

Potencia del mar por metro de Cresta de Ola  
(en kW/m)

		T, en Segundos							
		6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
H, en metros	0.50	1	1	1	1	1	1	1	1
	1.00	3	3	3	3	4	4	4	4
	1.50	6	7	7	8	8	9	9	9
	2.00	11	12	13	13	14	15	16	17
	2.50	17	18	20	21	22	24	25	26
	3.00	25	26	28	30	32	34	36	38
	3.50	33	36	39	41	44	46	49	51
	4.00	44	47	50	54	57	60	64	67

# Potencia del Mar en las Costas de Barahona

Ejemplos de Estimados Preliminares (en MW)  
(dedicando 10 km de costa)

		T, en Segundos							
		6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
H, en metros	0.50	7	7	8	8	9	9	10	11
	1.00	27	29	32	34	36	38	40	42
	1.50	61	66	71	76	80	85	90	95
	2.00	109	118	126	134	143	151	160	168

**Aproximadamente 50% de ésta puede ser convertida a energía eléctrica**

# Comparación entre Fuentes de Energías Renovables

	Combustibles Fósiles	Eólica en Tierra	Eólica Costa Afuera	Solar	Olas del Mar	Mareas	Geotérmic
<b>Densidad Energética</b>	Muy alta	Baja	Moderada	Baja	Alta	Alta	Moderada
<b>Predictibilidad</b>	Despachable	Baja excepto en algunos sitios	Moderada	Baja	Alta	100%	Alta
<b>Factor de Capacidad</b>	50-90%	25-35%	25-35%	10-20%	30-45%	30-45%	70-90%
<b>Impacto Visual</b>	Alto	Moderado	Bajo	Bajo	Mínimo	Mínimo	Moderado
<b>Sitios Potenciales</b>	Extensos pero el proceso de permisos puede ser largo	Moderados	Moderados	Limitados para densidad energética alta, extensos a moderados para densidad energética baja	Extensos en las costas	Moderados	Limitados
<b>Costos US\$/MWh</b>	30-50	40-50	70-90	220-400	90-300	65-130	50-80

Fuente: Davy; Carbon Trust; EPRI; EPIA; OPT; fuentes industriales

La más concentrada

# Perspectivas de la Energía Oceánica a Nivel Mundial

## Distribución Geográfica del Recurso

Existe una tendencia “errónea” en los países que desarrollan actualmente tecnologías de energías renovables oceánicas (olas y mareas) la cual considera que los países del Trópico no tienen un recurso potencial



Source: Scottish Enterprise

# **Nova Oceanic Energy Systems, Inc.**

**Si el desarrollo tecnológico de estas tecnologías continuara concentrado en países de clima templado y orientadas a funcionar en mares muy energéticos, los países tropicales, los cuales concentran el mayor índice de pobreza y tienen un número elevado de poblaciones costeras pequeñas, no serían beneficiarios de estas nuevas tecnologías.**

**Por lo tanto, NOVA OCEANIC ENERGY SYSTEMS, Inc. decidió avocarse a la conceptualización y diseño de tecnologías para la extracción de energía de olas de mar que pudieran ser eficientes en mares más tropicales (a partir de 5 kW/m de cresta o alturas promedio de olas de 0,75 metros.**

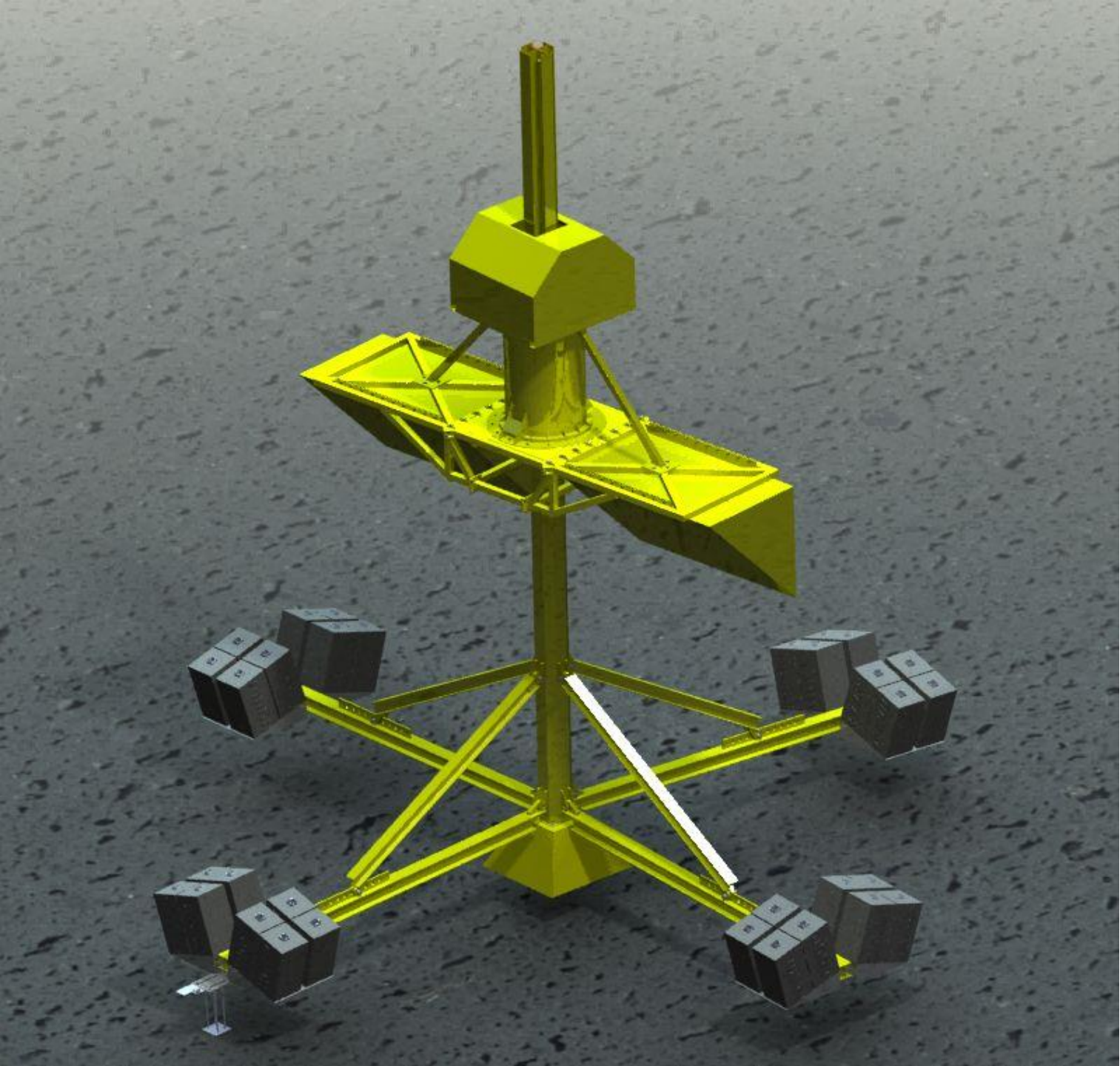
# **Se Utilizara Tecnología Diseñada por Nova Oceanic Energy Systems, Inc.**

Nova Oceanic Energy Systems, Inc. es una empresa que se especializa en la conceptualización, diseño y desarrollo de convertidores de energía de olas oceánicas que sean eficientes en mares más tropicales.

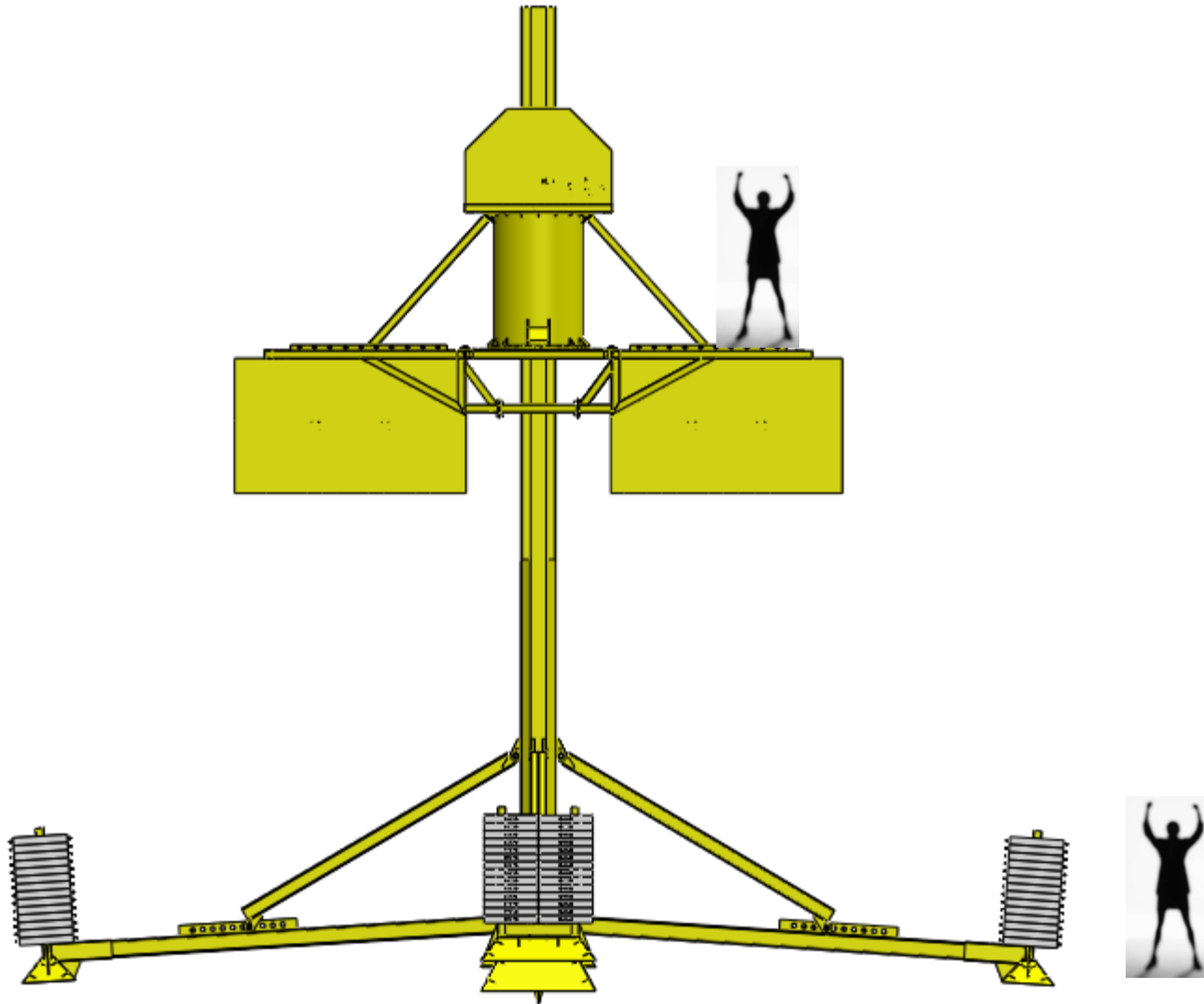
Dentro de las nuevas tecnologías que se están desarrollando en los últimos años para la generación de energía limpia, las basadas en la absorción de la energía contenida en las olas del mar están siendo utilizadas de manera creciente, debido a su potencial concentrado, inmensa disponibilidad, y su alta previsibilidad.

Algunas de estas tecnologías están siendo desarrolladas para estar cerca de la costa en mares tropicales y orientadas a cumplir dos funciones principales:

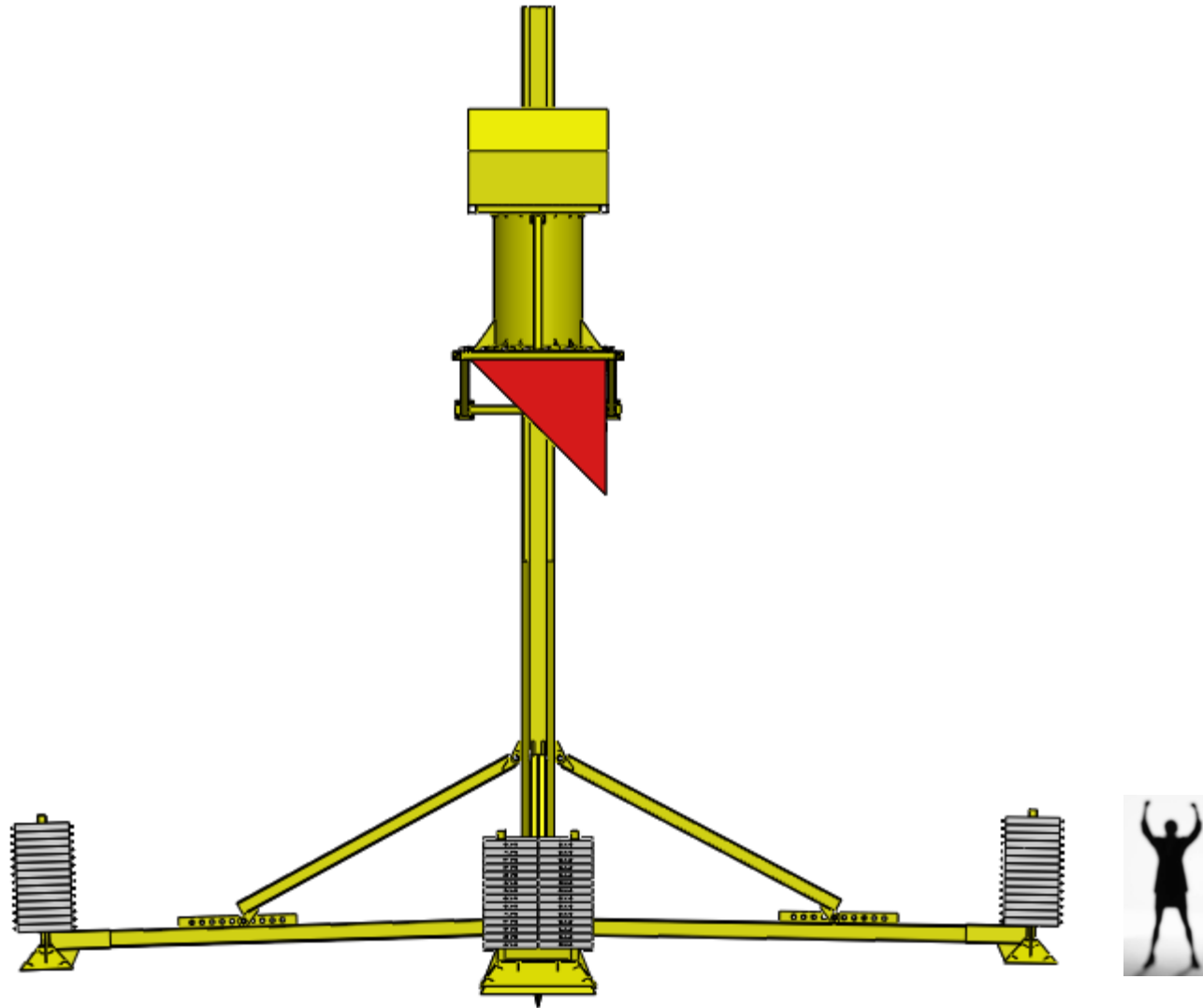
- 1) la **absorción y reducción de la energía** de las olas lo cual tiene aplicabilidad en la adaptación al cambio climático, especialmente en la reducción de procesos erosivos costeros; y
- 2) la **conversión de la energía** de la ola absorbida (potencial y cinética) en energía eléctrica (mitigación del cambio climático).



# Prototipo del Convertidor de Energía de las Olas Nova

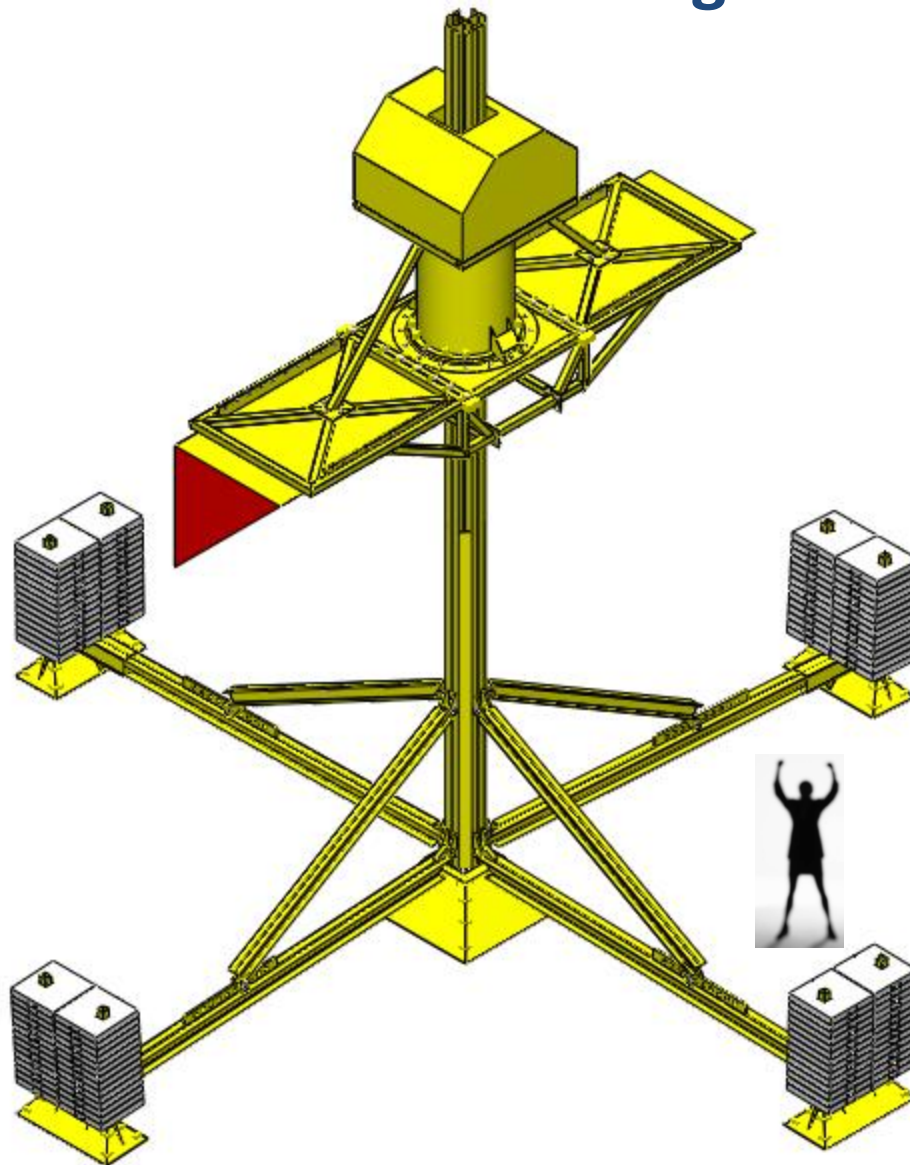


# Prototipo del Convertidor de Energía de las Olas Nova



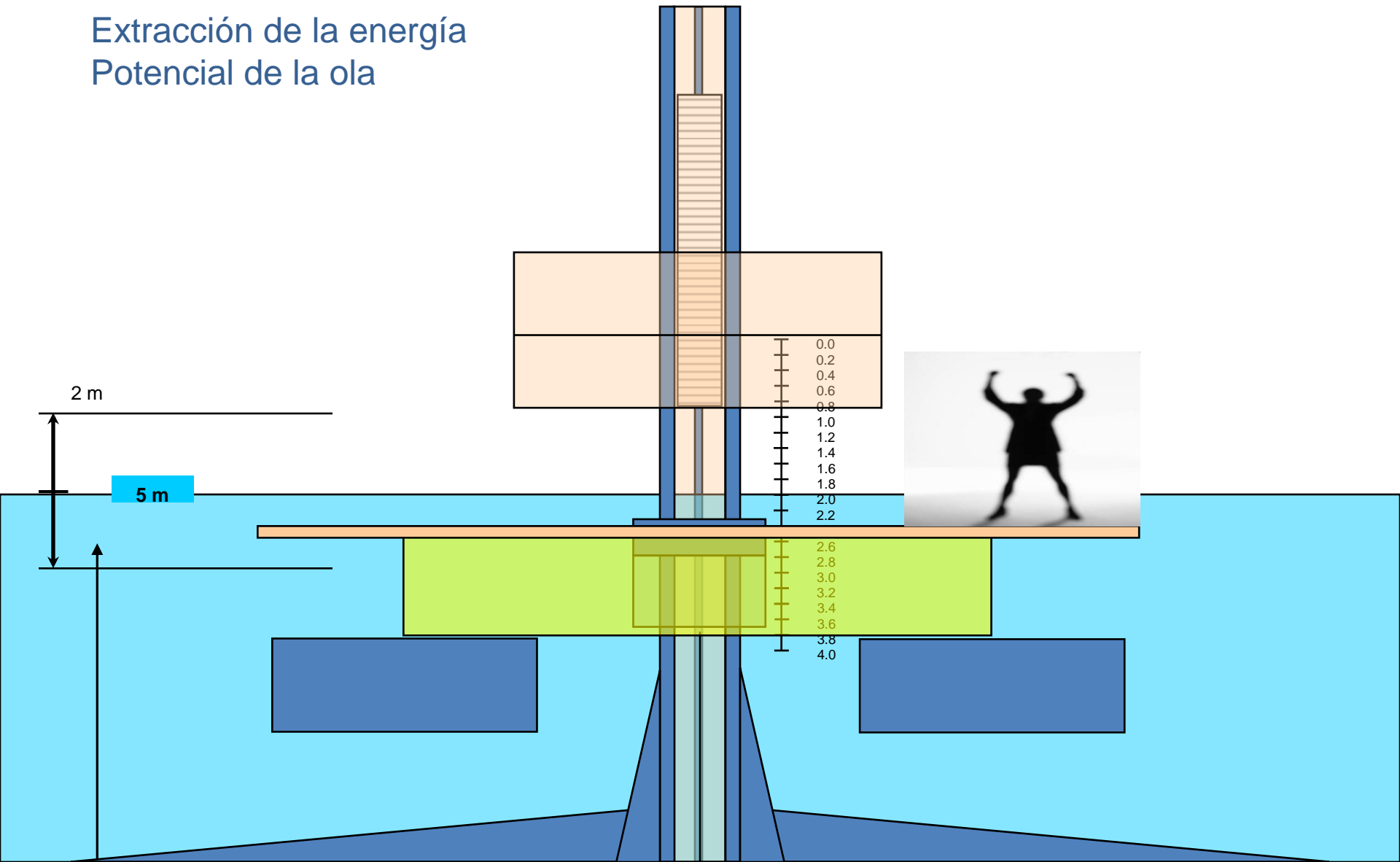
Presentado por UNPHU/NOVA

# Prototipo del Convertidor de Energía de las Olas Nova



# Prototipo del Convertidor de Energía de las Olas Nova

Extracción de la energía  
Potencial de la ola









**Nova**  
Energías Renovables C.A.

**Nova**  
Energías Renovables C.A.

**Alvaro Atilano, Presidente de Nova, con el primer Prototipo de Convertidor de energía de las Olas del Mar  
17/4/2010.**



**Con la Alcaldesa de  
Ocumare de la Costa (Venezuela)  
Saida García y su tren ejecutivo  
El 24/4/2010.**

# **Proyecto República Dominicana**

## **Cofinanciado por el CONIAF y el Banco Mundial**

Presentado por UNPHU

## **La estrategia original de cofinanciamiento del proyecto era:**

- ✓ Obtención de US\$ 86.000 del CONIAF (perfil presentado en diciembre 2008 y propuesta en abril 2009)
- ✓ Obtención de US\$ 198.000 del Banco Mundial y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (perfil mayo 2009, propuesta septiembre 2009)
- ✓ Cofinanciamiento en especie de US\$ 15.000 de NOVA/UNPHU
- ✓ TOTAL US\$ 299.000.

## **Sin embargo:**

- ✓ Obtención de RD\$ 2.085.000 (US\$ 59.000 del CONIAF) aprobado en marzo 2010 y firmado en abril 2010. Los primeros contratos con consultores se firman en agosto 2010.
- ✓ Los recursos del Banco Mundial y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial fueron aprobados en noviembre 2009, se firman en Julio 2010 para no se han desembolsado.
- ✓ Debido a lo anterior se realizaron una serie de iniciativas para la consecución de fondos adicionales incluyendo solicitudes a la comunidad europea, la alianza energía ambiente de Centro América, y otras.

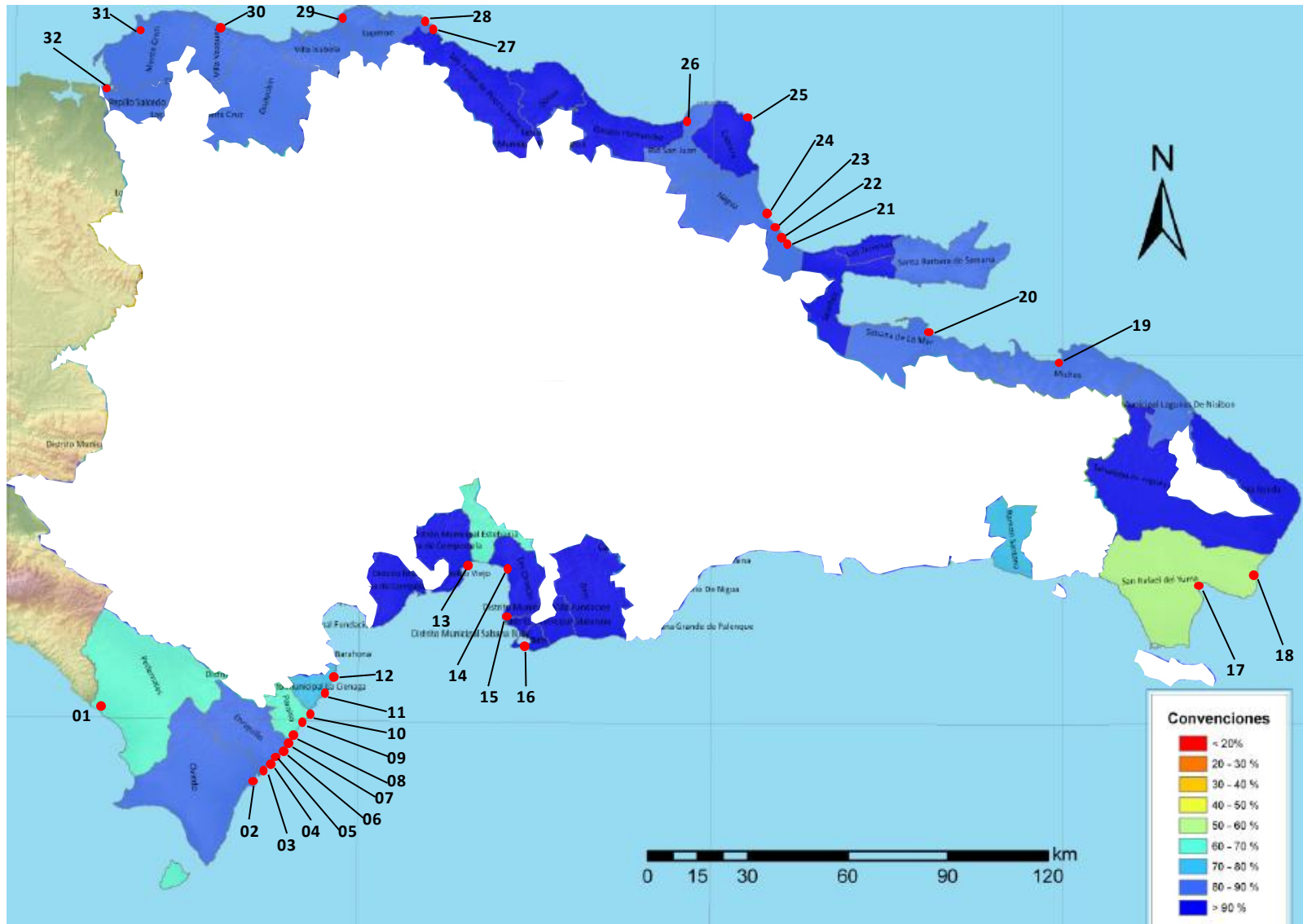
**El proyecto CONIAF se empieza a ejecutar en Agosto 2010 generando los tres primeros productos acordados para el primer desembolso de RD\$ 521.115:**

**Producto 1a:** Metodología para la Identificación y Priorización de las Comunidades con Potencial para el Uso de Energía Renovable Proveniente del Movimiento de las Olas

**Producto 1b:** Proceso de identificación y priorización de posibles comunidades costeras beneficiarias y la selección de la comunidad piloto

**Producto 1c:** Primer Taller de Consulta y Participación de la Comunidad Piloto para la Planificación e Implementación del Proyecto

# FIGURA 2 – COMUNIDADES RURALES COSTERAS IDENTIFICADAS POTENCIALMENTE BENEFICARIAS DE ENERGÍA RENOVABLE UNDIMOTRIZ EN MUNICIPIOS COSTEROS DE REPÚBLICA DOMINICANA CON GRADO DE ELECTRIFICACIÓN MENOR DE 97%

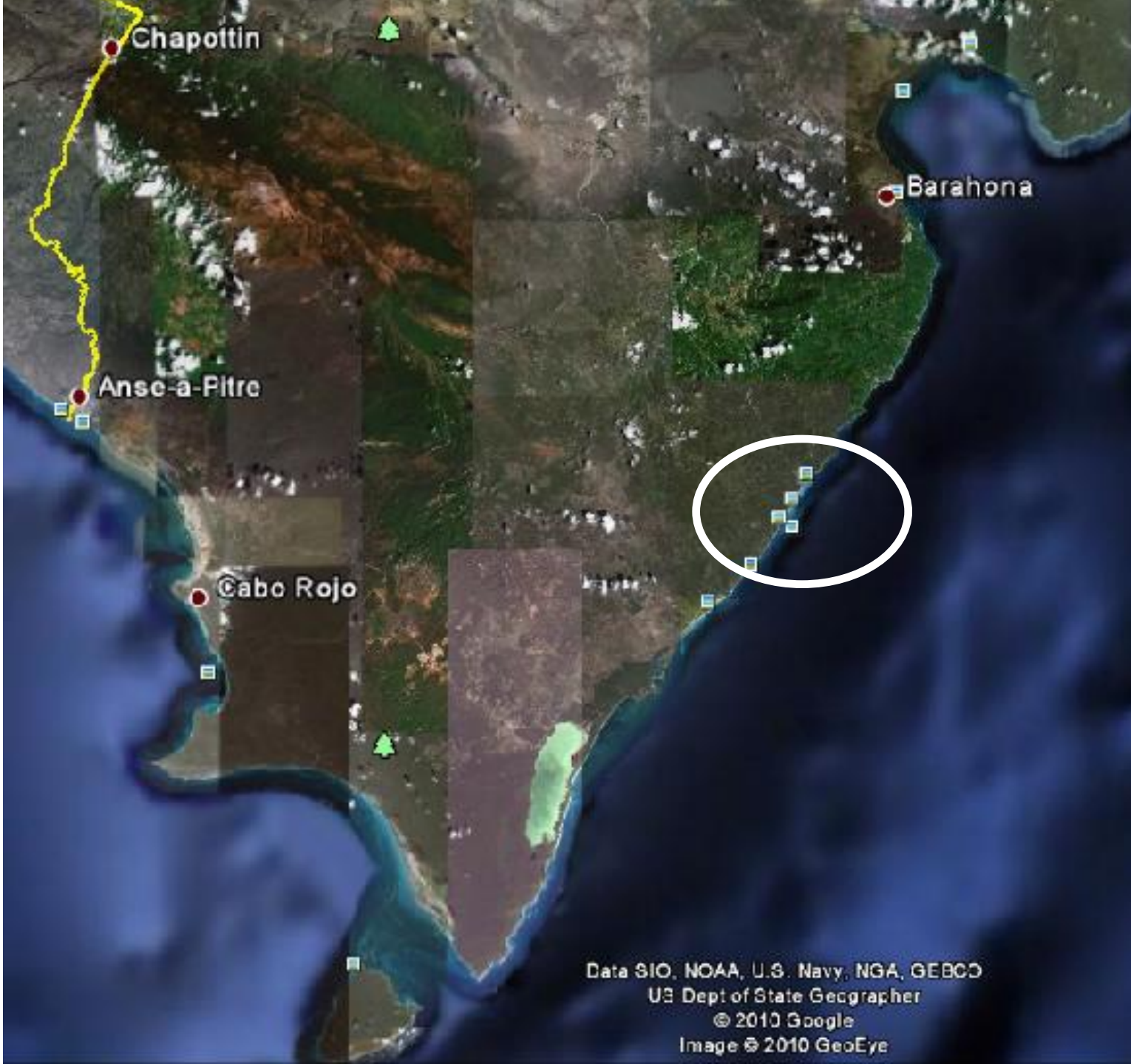


Fuente: Elaboración propia a partir de l documento “Identificación y Evaluación de Proyectos de Electrificación Rural”. Informe Final, Vol. 1. Preparado para la UERS por Humberto Rodríguez M., Santo Domingo, Octubre de 2009

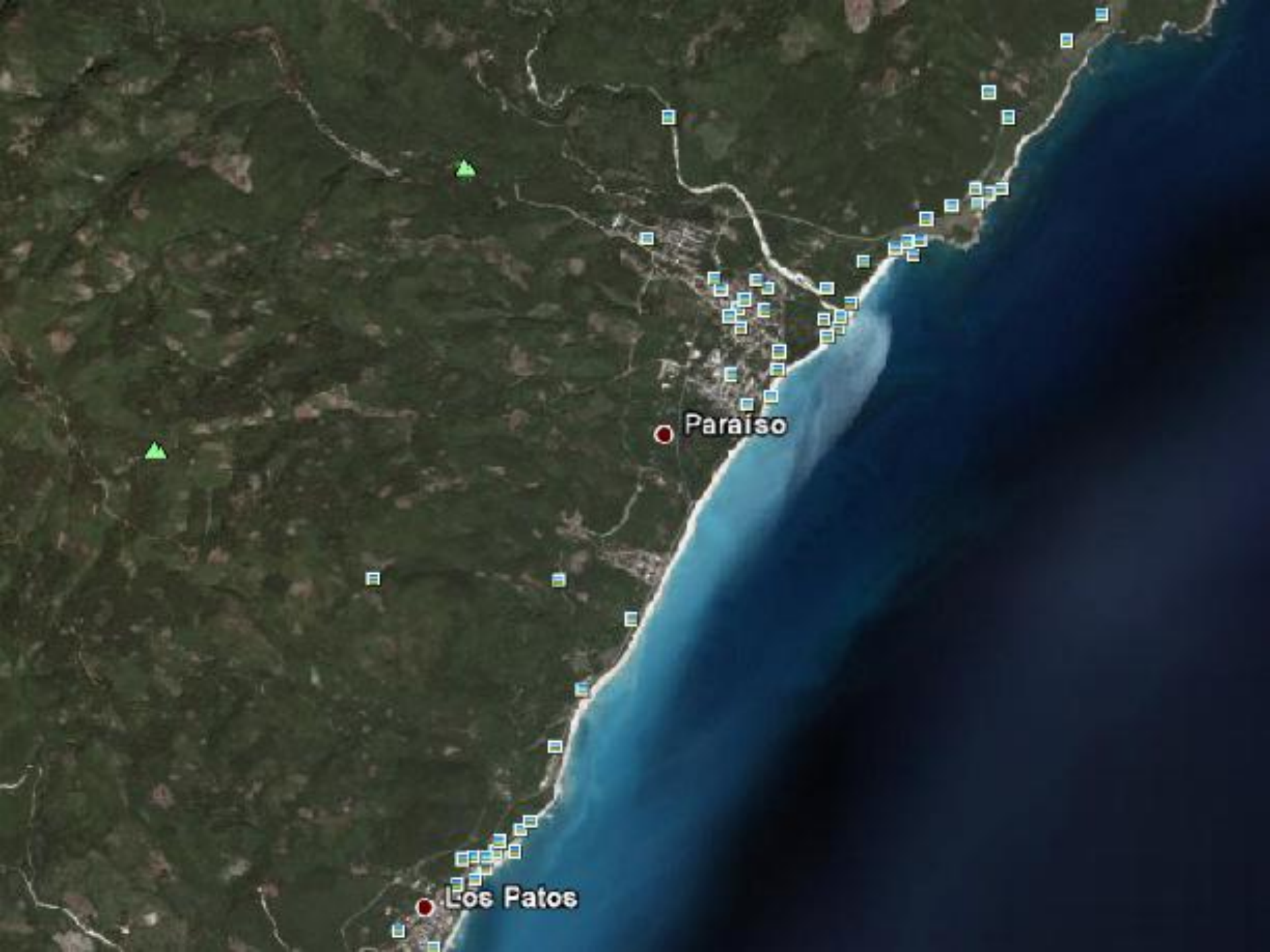
Presentado por UNPHU

**Cuadro 4. Resultados de la Priorización de las Comunidades Costeras Rurales Identificadas Potencialmente Beneficiarias de Energía Undimotriz Localizadas en Municipios Costeros con Grado de Electrificación Menor de 97%**

#	Comunidad	Provincia	Municipalidad	Grado de Electrificación por Municipio (Censo 2002)	Puntuación por Grado de Electrificación por Municipio (Pge)	Distancia de Costa (m)	Puntuación Distancia de Costa (Pd)	Puntuación del oleaje basado en imagen satelital	Puntuación del oleaje basado en Fotografías (Pof)	Puntuación por potencial de turismo de playa (Ptp)	Puntuación por potencial de protección de	Total Puntos
9	Paraíso	Barahona	Paraíso	61,48	7,7	100	10,0	6	6	10	6	45,7
4	Enriquillo	Barahona	Enriquillo	80,04	4,0	100	10,0	6	6	8	8	42,0
7	Los Patos	Barahona	Enriquillo	80,04	4,0	100	10,0	6	6	10	6	42,0
10	San Rafael	Barahona	Paraíso	61,48	7,7	200	5,0	5	5	10	5	37,7
12	Comunidad S/N	Barahona	Dist. Munic. La Cienaga	74,35	5,1	100	10,0	10	5	6	1	37,1
8	Las Callas	Barahona	Paraíso	61,48	7,7	100	10,0	3	3	2	2	27,7
17	Boca de Yuma	Altagracia	San Rafael de Yuma	51,53	9,7	100	10,0	2	2	1	1	25,7
11	La Cienaga	Barahona	Dist. Munic. La Cienaga	74,35	5,1	200	5,0	1	4	8	1	24,1
24	Nagua	María Trinidad Sanchez	Nagua	87,74	2,5	100	10,0	2	3	3	3	23,5
3	Las Cuatro Bocas	Barahona	Enriquillo	80,04	4,0	200	5,0	3	3	3	5	23,0
18	El Cabo	Altagracia	San Rafael de Yuma	51,53	9,7	200	5,0	3	3	1	1	22,7
2	Los Cocos	Pedernales	Oviedo	85,57	2,9	200	5,0	3	3	2	5	20,9
1	Pedernales	Pedernales	Pedernales	69,63	6,1	100	10,0	1	1	1	1	20,1
32	Cepillo Salcedo	Monte Cristi	Pepillo Salcedo	80,61	3,9	100	10,0	2	2	1	1	19,9
26	Río San Juan	María Trinidad Sanchez	Río San Juan	81,31	3,7	100	10,0	2	2	1	1	19,7
25	Cabrera	María Trinidad Sanchez	Cabrera	91,73	1,7	100	10,0	3	3	1	1	19,7
30	Comunidad S/N	Monte Cristi	Villa Vazquez	82,25	3,6	100	10,0	2	2	1	1	19,6
21	Cayena	María Trinidad Sanchez	Nagua	87,74	2,5	200	5,0	4	4	3	1	19,5
31	San Fernando de Monte Cris	Monte Cristi	Monte Cristi	84,91	3,0	100	10,0	2	2	1	1	19,0
23	Matancitas	María Trinidad Sanchez	Nagua	87,74	2,5	100	10,0	2	2	1	1	18,5
19	Miches	El Seibo	Miches	88,43	2,3	100	10,0	2	2	1	1	18,3
22	Colorao	María Trinidad Sanchez	Nagua	87,74	2,5	200	5,0	3	3	3	1	17,5
15	Palmar de Ocoa	Azua	Las Charcas	90,41	1,9	100	10,0	2	1	1	1	16,9
20	Sabana de la Mar	Hato Mayor	Sabana de la Mar	89,7	2,1	100	10,0	1	1	1	1	16,1
14	Caracoles	Azua	Las Charcas	90,41	1,9	100	10,0	1	1	1	1	15,9
13	Monte Río	Azua	Azua de Compostela	94,83	1,0	100	10,0	1	1	1	1	15,0
5	Comunidad S/N	Barahona	Enriquillo	80,04	4,0	500	2,0	3	3	1	0	13,0
27	Comunidad S/N	Puerto Plata	Luperon	86,01	2,8	400	2,5	3	2	1	1	12,3
29	La Isabela	Puerto Plata	Luperon	86,01	2,8	300	3,3	2	2	1	1	12,1
6	Los Blancos	Barahona	Enriquillo	80,04	4,0	300	3,3	2	2	0	0	11,3
28	Comunidad S/N	Puerto Plata	Luperon	86,01	2,8	400	2,5	2	2	1	1	11,3
16	Salinas	Peravia	Bani	95,41	0,9	800	1,3	2	2	1	1	8,2



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
US Dept of State Geographer  
© 2010 Google  
Image © 2010 GeoEye

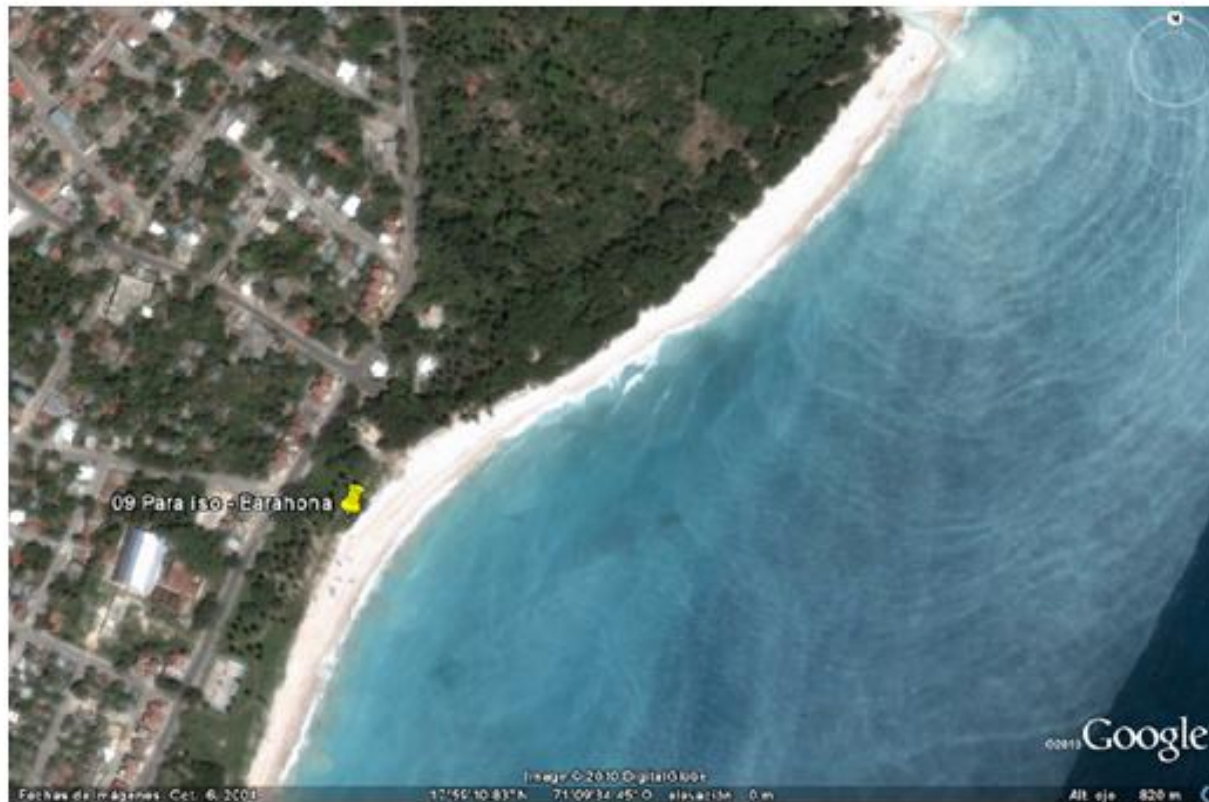


Paraiso

Los Patos

se selecciona la Comunidad de Paraiso como la comunidad piloto para el presente proyecto.

## 09 Comunidad Paraiso – Municipio Paraiso



Grado de Electrificación por Municipio (Censo 2002) %	Puntuación por Grado de Electrificación por Municipio (P <sub>ge</sub> )	Distancia de Costa (m)	Puntuación Distancia de Costa (Pd)	Puntuación del oleaje basado en imagen satelital (Pois)	Puntuación del oleaje basado en Fotografías (Pof)	Puntuación por potencial de turismo de playa (Ptp)	Puntuación por potencial de protección de infraestructura (Ppi)
61,48	7,7	100	10,0	6	6	10	6

- ACTUALMENTE LA UNPHU Y NOVA OCEANIC ENERGY SYSTEMS, INC. NO SE PUEDEN COMPROMETER A LA EJECUCIÓN EFECTIVA EL PROYECTO ORIGINAL CON LOS FONDOS INICIALMENTE ESTIMADOS Y CONSIDERAN NECESARIO Y ESTAN DISPUESTOS A IDENTIFICAR Y COLABORAR EN LA CONSECUCCIÓN DE FONDOS ADICIONALES PARA LA EJECUCIÓN EFECTIVA DEL PROYECTO.
- CON EL OBJETO DE NO PERDER TODO EL ESFUERZO REALIZADO POR TODOS LOS INVOLUCRADOS EN ESTE PROCESO LOS ÚLTIMOS DOS AÑOS, INCLUYENDO EL CONIAF, EL BANCO MUNDIAL, LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA (UNPHU), NOVA OCEANIC ENERGY SYSTEMS, INC., LA COMUNIDAD DE PARAÍSO EN BARAHONA, Y OTROS, SE PROPONE UNA MODIFICACIÓN DEL PROYECTO PRESENTADO ORIGINALMENTE AL CONIAF PARA QUE SE OBTENGAN PRODUCTOS TANGIBLES Y EFECTIVOS QUE CONTRIBUYAN A LA FACTIBILIDAD Y A LA FUTURA EJECUCIÓN EXITOSA DE ESTA IMPORTANTE INICIATIVA DE INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE MARINA EN REPÚBLICA DOMINICANA..
- ES IMPORTANTE NOTAR QUE EL PROYECTO HUMILDEMENTE CONCEPTUALIZADO EN EL 2008 HA LOGRADO RELEVANCIA LOCAL (PARAISO) E INTERNACIONAL Y SE CONSIDERA QUE CON CONSTANCIA, PACIENCIA Y DEDICACIÓN EL MISMO SE MATERIALIZARÁ EN UN FUTURO CERCANO.

# Esquema Conceptual de la Planta de Energía Renovable Marina de Paraíso

Tecnología Utilizada como Rompeolas Movable (no fijo) para Habilidadación de Playas Prohibidas





# Muchas Gracias

**Alvaro Atilano, Moisés Álvarez, Rafael Berigüete y Nelly Cuello**  
**Investigadores**