

Universidad Militar Nueva Granada

ESTUDIANTE: María Fernanda Rojas Casallas 1102480

EXPOSICIÓN: Trabajo de grado.

TUTOR: Ing. Diego Palma Cuero

FACULTAD: Ing. Civil



Compromiso granadino con la excelencia



SC 4420-1



SC 4420-1



SA-CER502658



CO-SC 4420-1



OS-CER508440



CO-SC 4420-1

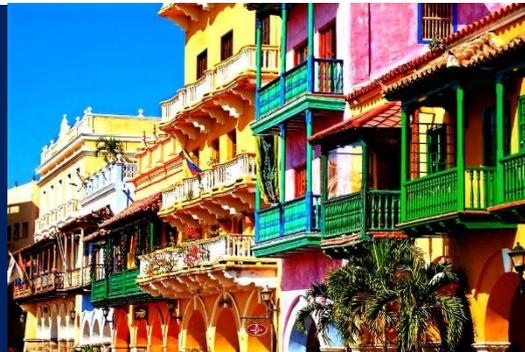


ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DESARROLLO DE UNA CENTRAL OLA MOTRIZ UBICADO EN LA CIUDAD DE CARTAGENA



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción
2. Objetivos
3. Justificación y Planteamiento
4. Marco Legal
5. Metodología
6. Resultados
7. Diseño del parque Ola motriz
8. Viabilidad económica
9. Conclusiones
10. Recomendaciones
11. Bibliografía
12. Anexos



Resolver los objetivos

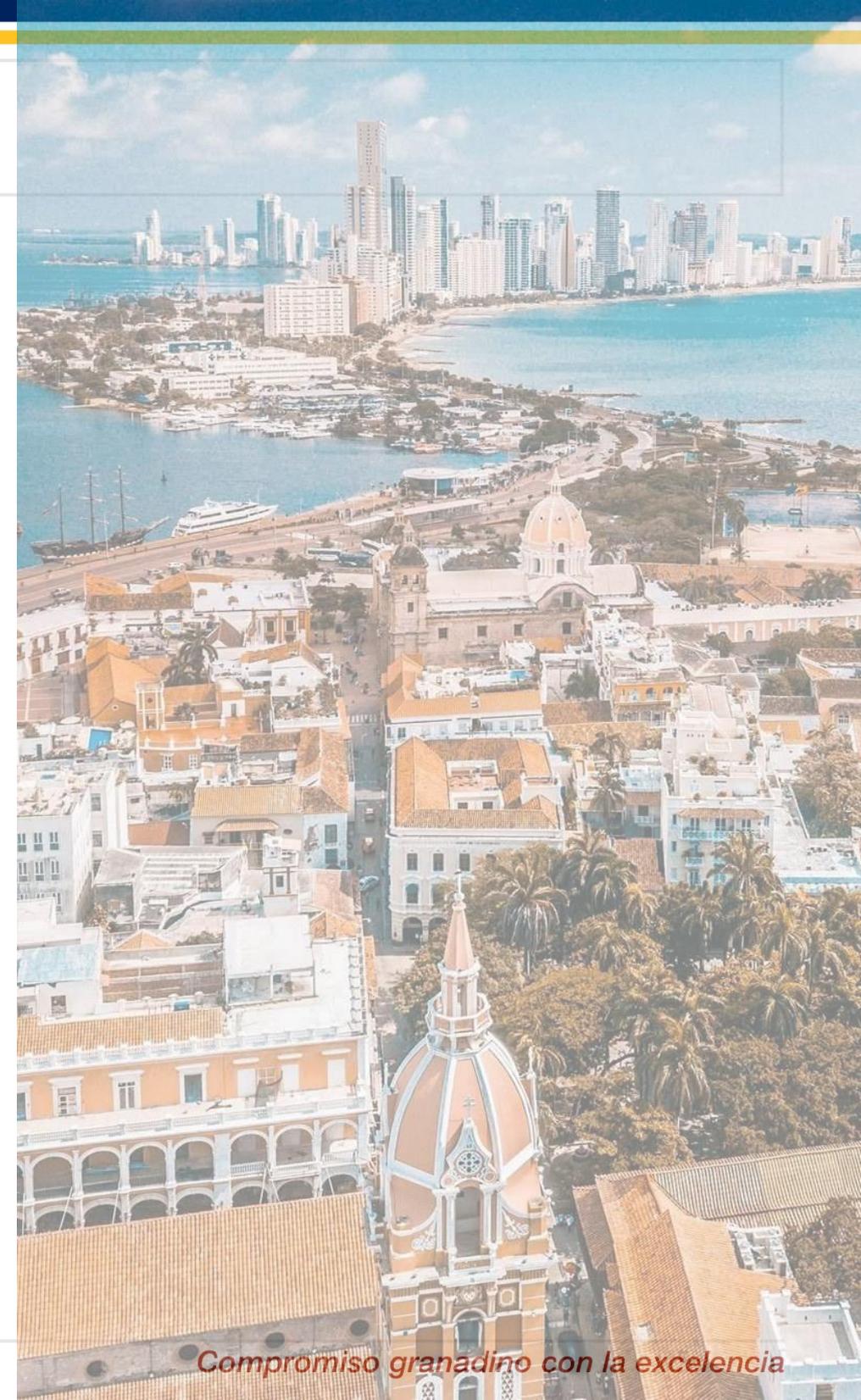
- Realizar el estudio de Pre- factibilidad de una central ola motriz, con el fin de aumentar la capacidad energética.

Caracterización del potencial energético

- A partir de ubicación, área de influencia, potencial de las olas, entre otras se procede a elegir el dispositivo más óptimo para generar la mayor capacidad energética en la zona de estudio.

Evaluación económica

- Indicadores VPN y TIR, Ingresos, egresos, flujo de caja, para evaluar costos de CAPEX y OPEX.





En el presente proyecto, se busca orientar la promesa de una energía limpia, junto con el propósito de abastecer una región del caribe colombiano donde se recaudara información de fuentes nacionales como el UPME, el DANE, y otras, con el propósito de aprovechar una de las fuentes más grandes que tiene el privilegio de contar la ciudad de Cartagena, el cual es el océano Caribe poniendo en evaluación si es un proyecto viable.

Realizar un estudio de prefactibilidad para evaluar la viabilidad de implementar una central ola motriz con el fin de abastecer a partir de energía renovable la ciudad de Cartagena.



Evaluar como solución alternativa una central ola motriz a los problemas de electricidad que se presentan actualmente en la costa de Cartagena.

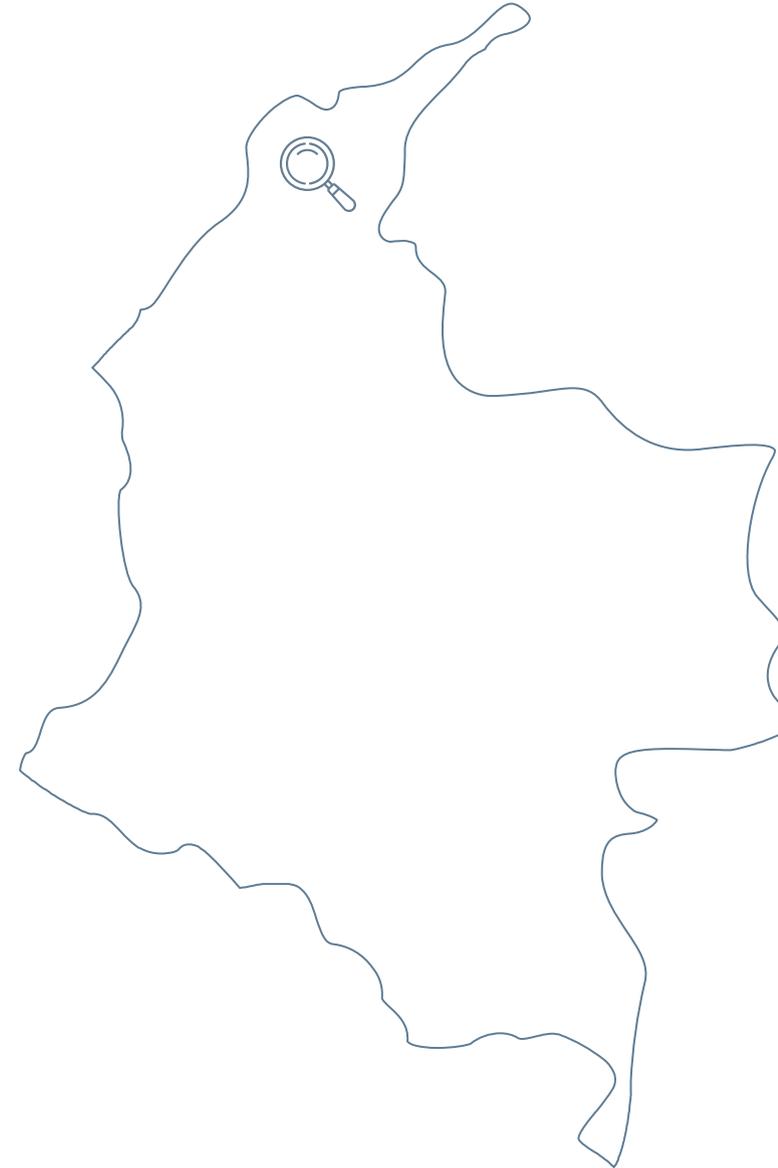
Determinar la demanda de consumo energético que tiene actualmente Cartagena y proyectar su demanda futura en un rango de 20 años.

Establecer la viabilidad económica del proyecto comparando los costos y beneficios de este, tanto en el área de inversión inicial como en el área operativa y de mantenimiento del proyecto. (CAPEX-OPEX).

Contribuir al proyecto de investigación INV-ING-3121.



Justificación y Planteamiento

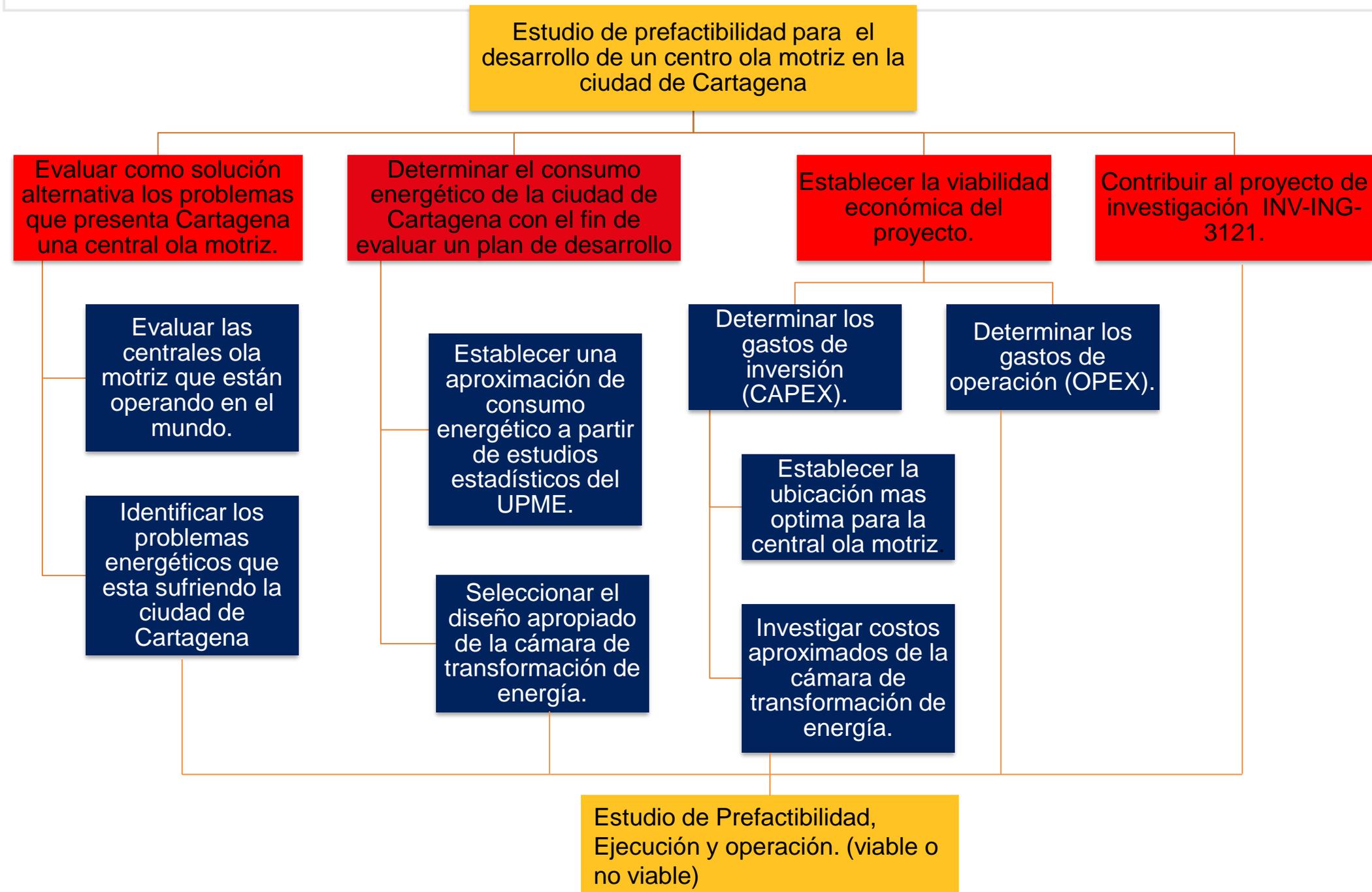


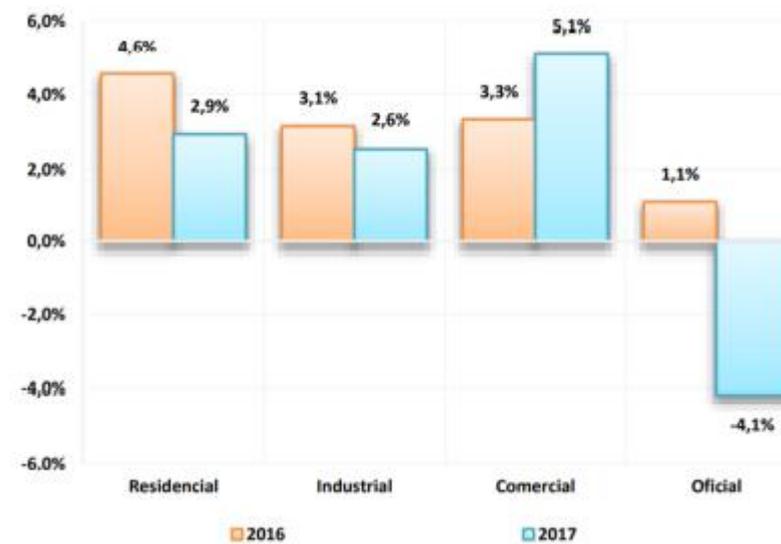
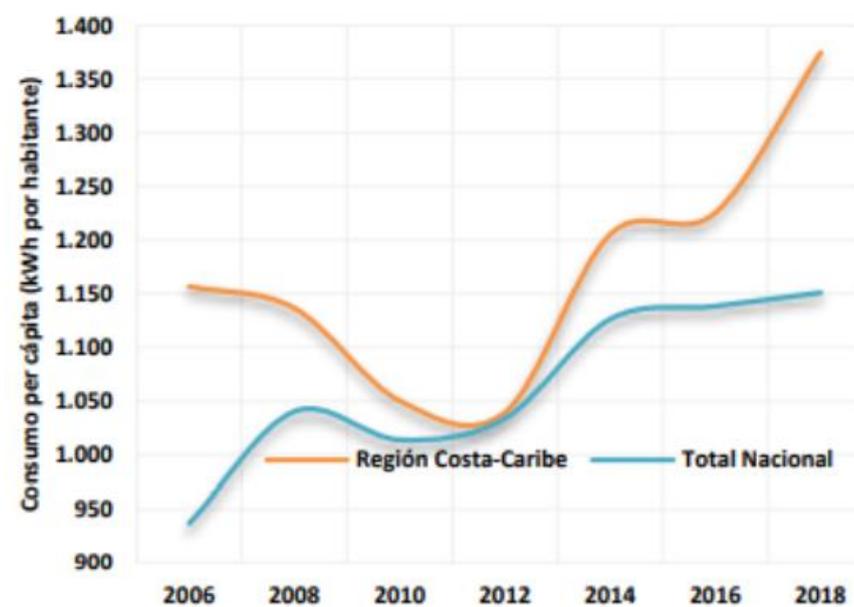


LEYES

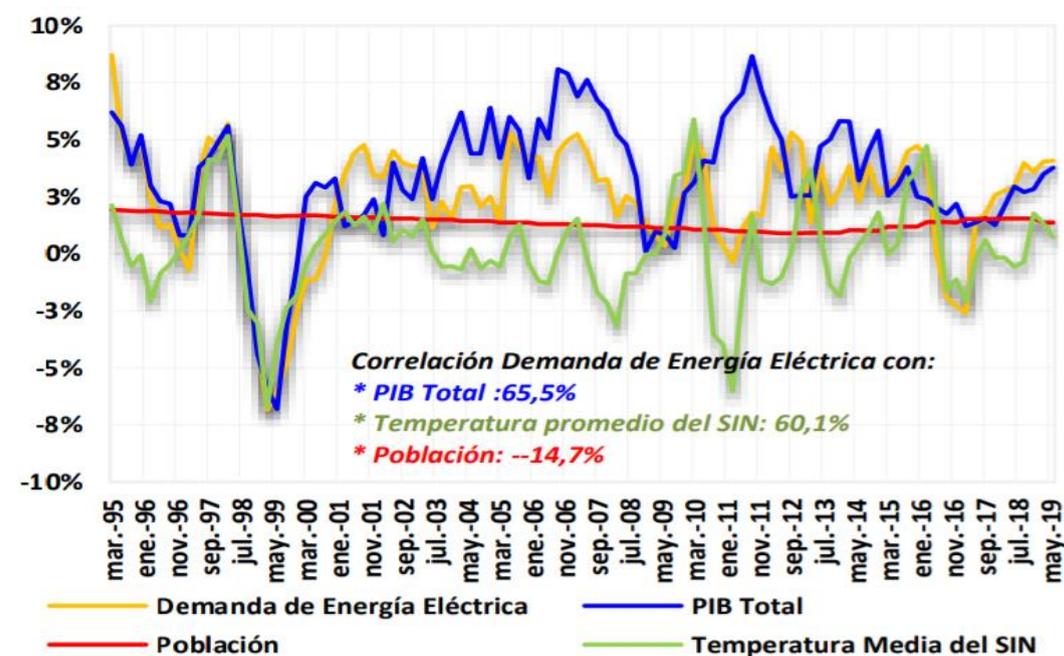
Ley 143 de 1994	✓
Ley 697 de 2001	✓
Ley 1715 de 2014	✓
Ley 1665 de 2013	✓
Decreto 1543 de 2017	✓





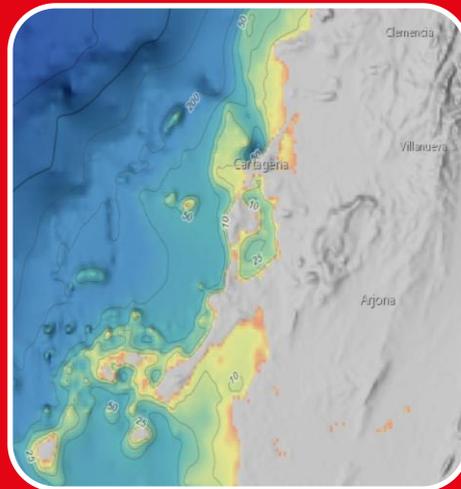


CARTAGENA	
AÑO	MWh/año
2019	3.666,0
2020	3.804,0
2025	4.639,0
2030	5.635,0
2035	6.947,5
2040	8.657,8
2045	10.789,2



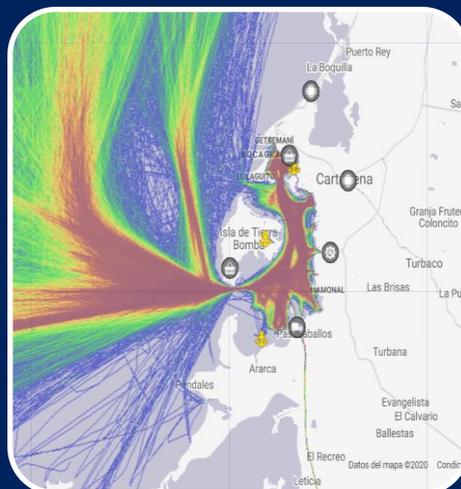


MES	ALTURA SIGNIFICATIVA (m)	POTENCIA (Kw/m)
Enero	2.17	13.84
Febrero	2.35	16.24
Marzo	2.55	19.12
Abril	1.36	5.44
Mayo	1.87	10.28
Junio	2.11	13.09
Julio	2.31	15.69
Agosto	1.80	9.53
Septiembre	1.24	4.52
Octubre	1.75	9.00
Noviembre	1.37	5.52
Diciembre	2.17	13.84
Enero	2.85	23.88



Batimetría

- Profundidad máximas entre 40 y 60m ya que las altas profundidades implican altos costos.



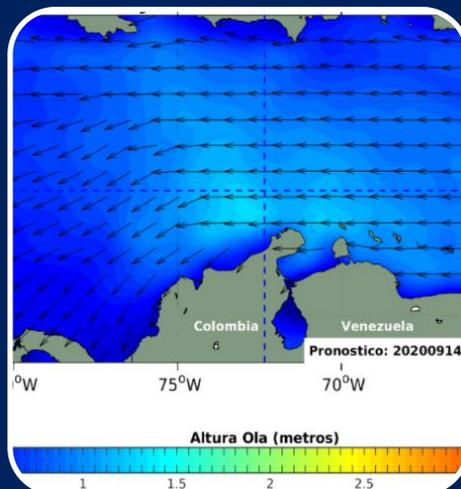
Trafico Marítimo

- Evitar rutas marítimas ya que Cartagena tiene diferentes puertos que es una de sus principales fuentes económica



Zonas Protegidas

- Evitar zonas es considerado como un ecosistema frágil que debe ser protegido y conservado

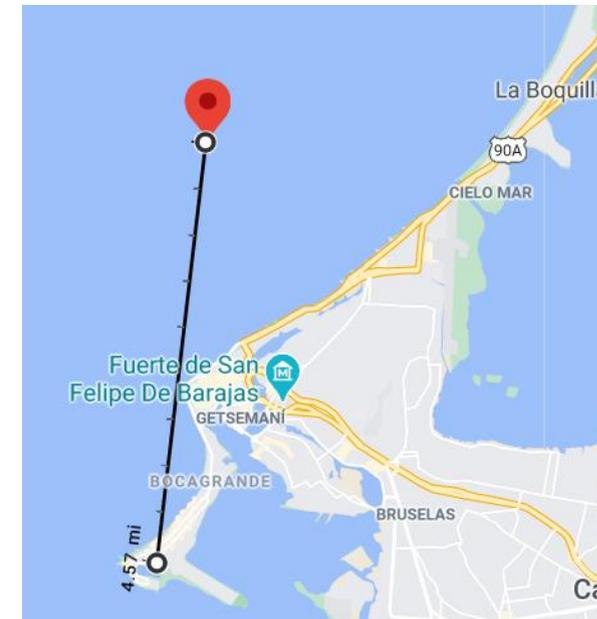


Potencial energético

- Con el fin de aprovechar los sitios donde haya la mayor disponibilidad del recurso



Ubicación del Dispositivo



Selección del tipo de captador



AQUABUOY



PELAMIS



WAVEDRAGON

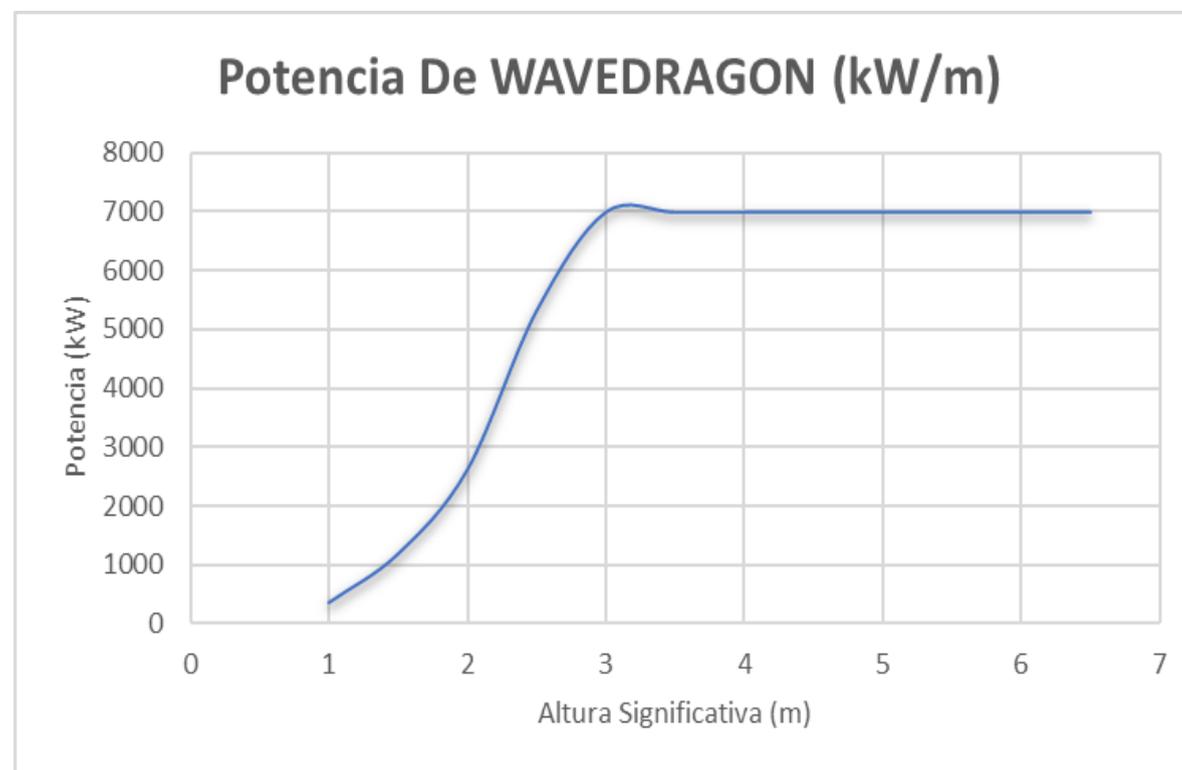
Selección del tipo de captador

DISPOSITIVO	POTENCIA (kW)	ENERGIA GENERADA (Gwh/año)	CANTIDAD DE DISPOSITIVOS REQUERIDOS	COSTO TOTAL DE TODOS LOS DISPOSITIVOS NECESARIOS (MILLONES DE DOLARES)
AQUABUOY	250	7.62	29	21
PELAMIS	450	7.88	10	30
WAVE DRAGON	7000	15.7	1	10



WAVEDRAGON





WAVE DRAGON			
# Dispositivos	1		
Potencia nominal Mw	5		
Mw	5		
Probabilidad	53%		
# horas anuales	4642,8		
Produccion (Mwh/año)	23214,0	(Gwh/año)	23,21
Produccion total parque	23214,0		23,21
Produccion total requerida	7799,1		7,80

Análisis Económico CAPEX

COSTOS	UNID.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
ESTRUCTURA	UND	1	\$ 44.910.000.000	\$ 44.910.000.000
TURBINAS Y GENERADORES DE IMAN	UND	1	\$ 15.269.400.000	\$ 15.269.400.000
INSTALACION DE BAJO VOLTAJE	UND	1	\$ 3.664.656.000	\$ 3.664.656.000
INTALACION DE ALTO VOLTAJE	UND	1	\$ 3.817.350.000	\$ 3.817.350.000
SISTEMAS DE APOYO	UND	1	\$ 2.335.320.000	\$ 2.335.320.000
SISTEMAS DE SERVICIO	UND	1	\$ 763.470.000	\$ 763.470.000
SISTEMAS DE PROTECCIÓN	UND	1	\$ 718.560.000	\$ 718.560.000
SISTEMAS DE NAVEGACIÓN	UND	1	\$ 202.095.000	\$ 202.095.000
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN	UND	1	\$ 853.290.000	\$ 853.290.000
BARCAZA FLOTANTE	UND	1	\$ 14.371.200.000	\$ 14.371.200.000
AMARRADO	UND	1	\$ 11.676.600.000	\$ 11.676.600.000
SUMA			\$ 98.581.941.000	\$ 98.581.941.000
IMPREVISTOS (13%)	UND	1	\$ 14.787.291.150	\$ 14.787.291.150
TOTAL			\$ 113.369.232.150	\$ 113.369.232.150





Análisis Económico CAPEX

	Ingresos y Egresos en 25 años												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
\$	4.639.000.000,00	4.818.000.000,00	5.010.000.000,00	5.216.000.000,00	5.419.000.000,00	5.635.000.000,00	5.873.000.000,00	6.114.000.000,00	6.362.000.000,00	6.648.290.000,00	6.947.463.050,00	7.260.098.887,25	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	113.369.232.150,00	108.730.232.150,00	103.912.232.150,00	98.902.232.150,00	93.686.232.150,00	88.267.232.150,00	82.632.232.150,00	76.759.232.150,00	70.645.232.150,00	64.283.232.150,00	57.634.942.150,00	50.687.479.100,00	43.427.380.212,75
	7.586.803.337,18	7.928.209.487,35	8.284.978.914,28	8.657.802.965,42	9.047.404.098,87	9.454.537.283,32	9.879.991.461,06	10.324.591.076,81	10.789.197.675,27	11.274.711.570,66	11.782.073.591,34	12.312.266.902,95	12.866.318.913,58
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	35.840.576.875,57	27.912.367.388,22	19.627.388.473,94	10.969.585.508,52	1.922.181.409,66	7.532.355.873,66	17.412.347.334,72	27.736.938.411,54	38.526.136.086,81	49.800.847.657,46	61.582.921.248,80	73.895.188.151,74	86.761.507.065,32

Ingresos y Egresos en 25 años

- Mantenimiento, dentro del plan previsto e inesperados
- Revisiones del funcionamiento
- Recolocación y sustitución de elementos
- Licencias y seguros que permitan mantener los dispositivos y cubrir los posibles riesgos que existan
- Monitoreo de las condiciones de oleaje y el funcionamiento del aparato con estas.

El concepto de extraer energía de las olas ha sido una idea que ha venido surgiendo y de la cual se busca comprender de forma detallada su funcionamiento a pesar de las limitantes que tiene esto ya que no solo es una energía limpia, sino que el coste de la energía captada a partir de las olas es cero; sin embargo, es evidente que existe un gran potencial energético ola motriz en las costas del caribe colombiano, motivo por el cual en el actual trabajo se desarrolló la implementación de un sistema de energía limpia como este, obteniendo resultados favorables que evidencian un buen desarrollo para la identificación como Colombia potencial Ola motriz.

Se ha considerado que la inversión inicial del proyecto en la costa del caribe colombiano se podrá recuperar en un tiempo de 25 años, en este plazo permite que los valores financieros de la tasa interna de retorno y el valor presente neto (TIR y VPN) sean favorables, es de tener en cuenta que este plazo puede ser considerado para los inversionistas una ventana de tiempo demasiado larga. Sin embargo, se ha tenido a consideración que el kW de energía tenga un costo de \$ 1.000 COP minimizando el impacto económico para los usuarios, así mismo es posible dejar planteado que sería beneficioso encontrar otra ciudad que requiera de la energía limpia para venderla debido a que el generador seleccionado “WAVE DRAGON” puede llegar a producir más electricidad de la que se requiere según las proyecciones iniciales de consumo, buscando de esta forma recuperar la inversión en menos tiempo, todo esto teniendo en cuenta que el proyecto cuenta con una vida útil de 25 años.

Se recomienda indagar aún más este tipo de alternativas de energía renovables limpias a la investigación que tienen como único fin cuidar y preservar el medio ambiente usando recursos renovables en conjunto con diferentes aspectos buscando un equilibrio ya sea en lo económico, político, social y cultural en Colombia.

Es recomendable encaminar a Colombia en bajar la dependencia de la captación de energía a partir de los sistemas tradicionales con los que se han venido trabajando en los últimos años como lo son las fuentes hídricas en su mayor parte, y de esta forma fortalecer más el uso de sistemas en los cuales se tiene unas muy buenas proyecciones para trabajar en conjunto buscando un buen aprovechamiento de la geografía marítima y terrestre de la nación.

	POSITIVOS	NEGATIVOS
FACTORES INTERNOS	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es un recurso que siempre estará disponible (inagotable). ➤ Puede amortiguar el oleaje en zonas portuarias. ➤ Recurso predecible. ➤ Energía limpia no genera gases contaminantes. 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Límite de información. ➤ Dependencia a las corrientes de aire. ➤ Demanda de recursos y tecnologías.
FACTORES EXTERNOS	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dar oportunidad de trabajo. ➤ Mejorar la calidad de vida. ➤ Valorar los recursos limitados. ➤ Da desarrollo. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costos elevados. ➤ Aumento de energía a partir de cambios climáticos bruscos, huracanes, tormentas eléctricas.

Operador de Red: ELECTRICARIBE
NIU: 20081764
Call Center: 115 - 0353500444
Dirección: Centro Control Cartagena Ternera via Turbaco 115

NIC: 7803060

Total a pagar mes: \$ 228.470

Total documento por pagar: \$ 235.750

fecha pago oportuno: 09/09/2020

Suspensión a partir de: 10/09/2020

No. Facturas vencidas: 1

Saldo anterior: \$ 7.280

Fecha emisión: 02/09/2020

Documento equivalente No.: 22202009012793

ID. de Cobros: 7803060050 - 67

Datos del Usuario y/o Suscriptor

Titular de Pago: INGENAL ARQUITECTURA S.A.

Usuario o suscriptor: INGENAL ARQUITECTURA S.A.

Estrato/Clasificación Resid. Estrato 3 E.Carib

Dirección de suministro: SECTOR 1 TORRE-5 TORR 5 APTO 102 URB.TERRAZAS DE CALICANTO CARTAGENA

Dirección de Envío: SECTOR 1 TORRE-5 TORR 5 APTO 102 URB.TERRAZAS DE CALICANTO CARTAGENA

Resumen facturacion mes

Período facturado: 03/08/2020 - 02/09/2020

Otras Entidades: Energía (\$ 221.320) + Asso (\$ 0) + T (\$ 7.150) + Tasa Reguladora y Redondeo (\$ 0) = Total a pagar (\$ 228.470)

Para más información consulta en www.electricaribe.co

Consumo de los últimos 6 meses (kWh): 381, 550, 547, 416, 462, 474, 431

Período actual (vni): 431

Información regulatoria: Promedio Consumo Diario (kWh): 15,55

¡Hola! Soy Ada Luz Agente de Cobro escribeme 314 243 33 22 estoy para servirte.

¡GRACIAS! Por utilizar nuestros canales virtuales durante estos momentos.

Hacer trámites desde casa nunca había sido tan fácil.

#QuédateEnCasa y sigue realizando cualquier trámite que necesites a través de todas nuestras plataformas.

NIC (Referencia de Pago): 7803060

ID de Cobro: 7803060050 - 67 / Titular: INGENAL ARQUITECTURA S.A.

Nº de documentos vencidos: 2 **Total documentos por pagar:** \$ 235.750

Fecha de pago oportuno: 09/09/2020 **Total a pagar mes:** \$ 228.470

Estado de cuenta

No. Facturas vencidas: 1 Monto: \$ 7.280 Fecha Último Pago: 16/08/2020 Monto: \$ 238.310

No. Financiaciones pendientes: 1 Monto: \$ 265.363 Tasa por mora vigente: 0,50%

Calidad del Servicio

Código: 7 Transformador

TERNERA 8 CODIGO: 65776777 GRUPO: 1

DTT (duración Trimestral de las Interrupciones por Tráfico): 0,00 CRO(\$/kWh) (Costo de Racionamiento): 0000,50

CNP (Consumo Promedio Mensual): 1412,84 kWh

Datos de lectura

Fecha Lectura Anterior: 03/08/2020 Fecha Lectura Actual: 02/09/2020 Días Facturados: 30

Medidor	Tipo	Lectura Actual	Lectura Anterior	Factor Multiplo	Consumo kWh
121504428	Activa BT	14153	13722	1	431

Novedad en Lectura: -0- Propiedad del Activo: Cliente MEDICION

Costo unitario \$/kWh	Datos de consumo	Valor en \$
Clas. Estribados	Consumo	Valor en \$
T 28,10	T 517,43 x 173	89.515,29
PR 40,21	PR 517,43 x 208	132.476,16
R 23,99	Subsidio	-12.428,26
Operación Electricaribe		
D 98,68		
C 76,56		
	Total	209.584

Detalle de conceptos facturados

Concepto	Valor (\$)
Consumo	223.012,33
Subsidio	-13.428,26
Aproximación a decenas	3,52
Interés por Mora	192,41
Cuota Acuerdo Energía	11.538,00
Aproximación a decenas	2,00

Subtotal Energía: \$ 221.320

NIC: 7803060

Total a pagar mes: \$ 228.470

Total documento por pagar: \$ 235.750

fecha pago oportuno: 09/09/2020

Otras Entidades

Impuesto Alumbrado Público: 7.146,35

Redondeo Facturaciones Ante: 0,37

Aproximación a decenas: 0,28

Valor Total Alumbrado: 7.150,00

Puntos de Pago BOLIVAR

Puntos de Pago Autorizados: FSCA (*) Cam Colombia Multiservicios (*)

Entidades Financieras: Bancolombia S.A. (*) Banco Agrario (*) Banco AV Villas (*) Banco Davivienda S.A. (*) Banco Caja Social (*) Helim Bank S.A. (*)

Canales Electrónicos: Puntos de Pago Redeban Cajera ATM Servibanco

Pago en línea: Brink (*) Electy (*) SuperTotas (*) Banco Bogota S.A. (*)

Grandes Superficies: Superficies y Droguerías Olímpica Supermercados Exito Supermercados Carulla S.A. Jumbo Balcón (*)

(*) Entidades habilitadas para el pago de facturas vencidas CONSIGNESE A: FIDECOMISO ELECTRICARIBE RECAUDOS

115 035 350 0444 electricaribe.co @ElectricaribeSA /ElectricaribeSA Mi EnergiAPP

Para conocer los mantenimientos programados ingresa a www.electricaribe.co

- Arcilla., X. G. (2016). *EXPLORACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA DEL OLEAJE EN FUNCIÓN DEL RANGO DE TRABAJO DE PROTOTIPOS CAPTADORES*. Obtenido de file:///D:/MAFE/TESIS/ENERGIA%20OLEOMOTRIZ/INFORMACION/Proyecto%20Guia%20Wave%20Power.pdf
- Brooke, J. (2003). *Wave Energy Conversion*. Annapolis: Elsevier Science Ltda.
- CALGAR M., K. V. (2006). *Wind power engineering in the world and perspectives of its development in Turkey*.
- CHOZAS, J. F. (2008).
- COLOMBIA, V. (s.f.). BOLIVAR COLOMBIA . En *Guía turística* (pág. 150). Cartagena: FONDO DE PROMOCIÓN TURISTICA COLOMBIA.
- Cortés, P. P. (2018). *APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA UNDOMOTRIZ EN LA COSTA AUSTRALIANA*.
- Electricaribe sigue liderando ranking de quejas de los cartageneros. (2018). *LAS NOTICIAS CARTAGENA*, <https://noticiascartagena.co/2018/10/26/electricaribe-sigue-liderando-ranking-de-quejas-de-los-cartageneros-personero/>.
- Finevera. (10 de 10 de 2020). *GLOBAL GREEN HOUSE* . Obtenido de <https://www.global-greenhouse-warming.com/Finavera-aquabuoy.html>
- Flannery. (2006). *The Weather Makers*. Australia: Elsevier, Energy Policy.
- MITECO. (29 de Junio de 2016). Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/biodiversidad-marina/espacios-marinos-protegidos/areas-marinas-protegidas/areas-marinas-protegidas.aspx>
- Montaña, J. (23 de Octubre de 2020). Corrupción se lleva el 70 por ciento de recursos de Cartagena. *EL TIEMPO* .
- Olmo, B. C. (2020). *EXPLORACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA DEL OLEAJE EN FUNCIÓN DEL RANGO DE TRABAJO DE PROTOTIPOS CAPTADORES*. España.
- Prabook. (2020). *Prabook*. Obtenido de https://prabook.com/web/albert_s.humphrey/644268
- PreCaAltamar. (25 de Octubre de 2018). *CIOH*. Obtenido de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/PreCaAltamar.php?year=2016&mon=1&day=16>
- *Tecnología Energética*. (2008).
- UPME. (2019). *Proyección de demanda de energía*. Colombia.
- Red Eléctrica de España (2017). Disponible en: -
- U.S. Energy Information Administration (2017). Disponible en: <https://www.eia.gov/> -
- Pontificia Universidad Católica de Chile (2012). Disponible en: -
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/energias-del-mar> -
- Libros sobre Ingeniería Energética. P. Fernández Díaz (2000-2017). Disponible en: <http://es.pfernandezdiez.es/libro/?id=5> -
- Apuntes de Instalaciones de energías renovables. Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. 2017. -
- Comunidad eduambiental. Disponible en: <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo22.pdf> -
- Tapered Channel wave Energy (2010). Disponible en: <http://taperedchannelwaveenergy.weebly.com/> -
- University of Strathclyde Engineering. Disponible en: <https://www.strath.ac.uk/esru/> -
- Sørensen, B. (2011). *Renewable energy*. London: Earthscan. -
- Carnegie Clean Energy Limited. <https://www.carnegiece.com/> -
- Slideshare (2014). Disponible en: <https://es.slideshare.net/wilianrodriguezmontalvo/turbina-pelton> -
- Instituto de Hidráulica Ambiental. IDAE (2011). “Evaluación del potencial de la energía de las olas”.

Universidad Militar Nueva Granada

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



SC 4420-1



SC 4420-1



SA-CER502658



CO-SC 4420-1



OS-CER508440



CO-SC 4420-1

Compromiso granadino con la excelencia



UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA