

Sesión especial

# **GEOCIENCIAS E INGENIERÍA APLICADA A ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Organizadores:  
Vanesa Magar  
Markus Gross

SE02-1

## HACIA LA GENERACIÓN DE UN INVENTARIO NACIONAL DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE CORRIENTES MARINAS, MAREAS EN MARES MEXICANOS: PARTE 1 - GENERALIDADES

Mateos Efrain  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
efrain\_mateos@tialoc.imta.mx

Ante la demanda inminente del uso de fuentes de energía renovables en nuestro país, por la actual apertura legal de la explotación de estos recursos y por la gran necesidad de tomar medidas de mitigación frente al cambio climático, es necesario el estudio de estas energías alternas. Actualmente, los estudios en esta materia, a nivel internacional, son escasos. Sin embargo, hay una tendencia positiva en el número de patentes y de publicaciones científicas, relacionadas con el aprovechamiento energético de los océanos. De los proyectos existentes, la mayoría se ha enfocado al aprovechamiento del oleaje como fuente generadora de energía. Estos fenómenos naturales tienen un gran potencial para la generación de energía renovable en nuestra región. La implementación eficiente (redituable) de turbinas, está íntimamente ligada a las propiedades del flujo y su interacción con el dispositivo, a la cercanía de redes eléctricas, al tipo de sustrato, etc. Por ello, es imprescindible generar un inventario de las zonas marítimas potencialmente explotables, que considere una climatología tridimensional de las corrientes. Para ello se generará un atlas que incluya corrientes de frecuencias bajas y altas en los mares mexicanos.

SE02-2

## QUANTIFICATION OF POTENTIAL TIDAL POWER IN THE TERMINOS LAGOON USING 3D HYDRODYNAMIC NUMERICAL MODELING AND MEASUREMENTS

Contreras Ruiz Esparza Adolfo<sup>1</sup>, Douillet Pascal<sup>2</sup>, Zavala-Hidalgo Jorge<sup>3</sup>, Díaz García Ovel<sup>4</sup>, Trillaud Frederic<sup>4</sup> y Fichez Renaud<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC  
<sup>2</sup>Institut de Recherche pour le Développement, France  
<sup>3</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>4</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
adolfo.contreras@inecc.gob.mx

This study is part of a binational project (Mexico-France) aimed to understand the circulation patterns of the Terminos Lagoon and evaluate the potential use of tidal energy as a secondary energy supplier for Ciudad del Carmen, Campeche. The study considers the marine ecosystem in order to avoid environmental impacts. This effort at the same time enhances the low-carbon development capacity in the Mexico, leading the exploration of renewable energy from the ocean, in a two inlets Coastal Lagoon. Analyzing one year of measurements and by performing numerical simulations with the 3D hydrodynamic model, MARS3D, we studied the circulation patterns in the Terminos Lagoon. The study followed the recommended guidelines of Assessment of Tidal Energy Resource from the European Marine Energy Centre Ltd. (EMEC). To complete the study we used data from a gauging network consisting of 6 self-recording pressure-temperature sensors, a tide gauge station, and two current profilers, with pressure and temperature sensors moored in the main lagoon inlets. The measurement campaigns were complemented with an analysis of the rivers runoffs into the lagoon and bottom tracking current transects at the inlets. We validated the model simulations against current and sea level observations. This modeling framework was used to analyze the circulation patterns caused by the sum of tidal, runoffs, wind, and ocean circulation forcing. The numerical model was forced with four diurnal (K1, O1, P1, Q1) and four semi-diurnal (M2, S2, N2, K2) harmonic components, obtained from the TPX0.7 database, river runoffs, and used the hindcast of the HYCOM ocean circulation model for the open boundary conditions. The free surface was forced using a high resolution simulation with the Weather Research and Forecasting model (WRF), with boundary conditions from the NARR-NCEP outputs. The tidal patterns in the study area vary from mixed, mainly diurnal in the two main inlets of the lagoon, to diurnal in its interior. Results indicate two areas of strong currents in the vicinity of the inlets and weak currents inside the lagoon. The area of strong currents in the vicinity of the CdC inlet is larger than that observed in the PtR inlet. Nevertheless, the current analysis indicates that the highest current speeds, which can reach a magnitude of 1.9 m.s<sup>-1</sup>, occurred in PtR. Further analysis of the tide distortion in the inlets revealed that both passages are ebb dominated. The Study concludes that both inlets present a strong potential for electrical generation using Ocean Current Turbines (OCT). An exercise using only 10% of the CdC inlet width extracting only 10% of the energy potential with the OCTs, results in maximal capacity of 1 MWh. The natural market for this energy is CdC, the city with the third largest economic growth rate in Mexico.

SE02-3

## ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PARQUES DE EXTRACCIÓN DE ENERGÍA HIDROCINÉTICA: UN CASO DE ESTUDIO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Nieto-Oropeza Mario O.<sup>1</sup>, Magar Vanesa<sup>1</sup>, Gross Markus S.<sup>1</sup>,  
Marinone Silvio G.<sup>1</sup>, Pinon Grégory<sup>2</sup> y De Basabe Delgado Jonás<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>Laboratoire d'ondes et milieux continus, Université du Havre  
onieto@cicese.edu.mx

La necesidad de mitigar los efectos del cambio climático y garantizar el acceso equitativo a la energía a través de la adopción de tecnologías emergentes de generación de energías limpias y renovables ha propiciado que crezca el interés, a nivel global, en la caracterización de recursos energéticos que permitan identificar sitios potenciales para el desarrollo de proyectos gran escala (arriba de 30MW). Aunque el desarrollo tecnológico para aplicaciones en Tierra ha llegado a nivel comercial de madurez tecnológica, varias tecnologías marinas emergentes han logrado alcanzar niveles pre-comerciales de madurez. Tal es el caso de algunas turbinas modulares de conversión de energía de corrientes de marea o de corrientes marinas (cuyos métodos de extracción de energía son los mismos para ambos tipos de corrientes, y lo cual facilita la caracterización energética). Se presenta un estudio de caracterización de recursos de energía en un sitio en el Golfo de California (GdC) con posible potencial para la instalación de turbinas marinas. El GdC es un mar marginal al noroeste de México, que por su estructura morfológica acanalada y su compleja batimetría, presenta amplios rangos de marea en la cabeza conocida como la región del Alto Golfo (RAG), así como corrientes de marea que se aceleran por efecto Venturi debido a la presencia de un gran número de Islas, especialmente en la parte media del GdC conocida como la región de las Grandes Islas (RGI). Tanto en la RGI como en la RAG, se han identificado zonas costeras con corrientes en el rango adecuado para el aprovechamiento energético, pero los estudios en los que dicho aprovechamiento se analice de forma detallada son escasos, en particular aquellos basados en modelos numéricos de aguas someras de alta resolución. En el presente trabajo se implementó un modelo multiescala de hasta 100 m de resolución en las zonas de mayor interés, y forzado por mareas astronómicas. Se utilizaron datos de altimetría, datos de ADCP y de TPXO 7.2 para validar el modelo en distintas regiones del GdC. Finalmente se evaluaron diferentes sitios potenciales para la implementación de un arreglo de turbinas marinas. La evaluación se basó no sólo en el potencial energético, sino que se desarrolló una nueva metodología que incluye restricciones tecnológicas y socio-económicas para determinar los mejores sitios. Factores tales como tipos de tecnología, distancia del desarrollo a la costa, exclusión de zonas protegidas, entre otras, serán tomados en cuenta mediante un índice de factibilidad. En esta presentación se describirá la metodología seguida así como los resultados preliminares para un caso de estudio en el GdC.

SE02-4

## SOBRE LA IMPORTANCIA DE LOS FENÓMENOS DE MESOESCALA Y INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA EN LA EVALUACIÓN DE POTENCIAL EÓLICO EN EL CENTRO OCCIDENTE DE MÉXICO

Arfeuille Gilles  
Universidad de Colima  
gilles@ucol.mx

En los trópicos los fenómenos de mesoescala son dominantes relativamente a la escala sinóptica. En los fenómenos de mesoescala, las corrientes de chorro de bajos niveles son muy importantes para el potencial eólico. Lo incrementan o en casos de eventos extremos lo pueden limitar. En la zona centro occidental se ha podido observar y caracterizar con percepción remota y modelación numérica corrientes de chorro de bajos niveles. Estos eventos de mesoescala tienen una dinámica relacionada con la formación de bajas presiones térmicas en la baja troposfera, con efectos de canalización de la topografía compleja de la región. Para cualquier evaluación de potencial eólico en esta región es necesario tomar en cuenta estos fenómenos y las escalas relevantes para tomarlos en cuenta y obtener una evaluación de potencial realista. Se realizó un trabajo de análisis de los casos observados y pronosticados con el WRF anidado en el GFS. La capacidad de reproducir bien los casos y pronosticar los hasta 5 días permite no solamente evaluar más precisamente el potencial eólico pero también de evaluar la capacidad y variabilidad de producción debido a estos fenómenos en posibles futuros proyectos de parques eólicos hasta 5 días de anticipación.

## SE02-5 CARTEL

## HACIA LA GENERACIÓN DE UN INVENTARIO NACIONAL DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE CORRIENTES MARINAS, MAREAS EN MARES MEXICANOS: PARTE 2 - MODELACIÓN NUMÉRICA

Ramírez Manguilar Ana María y Mateos Efrain  
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
 ana.manguilar@posgrado.imta.edu.mx

Una parte importante de la generación del inventario nacional del potencial energético, es la modelación numérica de las corrientes climatológicas. Para ello se implementará el modelo ROMS para el Pacífico Mexicano y Golfo de México - Mar Caribe Mexicano. El modelo será forzado con HYCOM que tiene una resolución de 1/12.5 de grado ( $\sim 0.08^\circ$ ) en la horizontal y 32 niveles en la vertical, con 20 años de datos. Se generará una climatología con la base de datos de HYCOM con la cual será forzada la configuración del Pacífico Mexicano y Golfo de México. Se generará dos mallas, una para el dominio del Pacífico Mexicano y otra para el dominio del Golfo de México - Mar Caribe Mexicano, con una resolución de  $\sim 0.04^\circ$  en la horizontal y en la vertical de 40 niveles. Se hará un anidado para una mejor resolución de las regiones potencialmente explotables, para esto se propone hacer una primera exploración con las salidas de HYCOM y de la climatología del World Ocean Atlas 2013 de una resolución de 1/4°, y definir las regiones que serán anidadas con una resolución de  $\sim 0.01^\circ$ .

## SE02-6 CARTEL

## EVALUACIÓN DE UN MOTOR STIRLING ACCIONADO POR BIOGÁS PRODUCIDO POR EXCRETAS DE GANADO VACUNO Y GAS LP

Gutiérrez Ocegueda Janett y Estrada Jaramillo Melitón  
 Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo  
 janett.go@hotmail.com

Usar una energía alternativa, contribuye a disminuir el efecto contaminante en el planeta, lo que puede solucionar muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica por mencionar algunos. En el presente trabajo se evalúa un motor Stirling tipo alfa a través de dos fuentes de calor una de origen fósil y la otra de tipo alternativa; Gas LP y Biogás respectivamente. El Biogás se obtuvo a través de excretas de vaca recolectadas en la Región Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo. La evaluación térmica se realizó utilizando la Primera Ley de la Termodinámica y se tomó en cuenta el trabajo mecánico desarrollado por ambas fuentes de calor, bajo el mismo periodo de funcionamiento, obteniéndose eficiencias térmicas globales (?) de 13.66 % para el Biogás y 0.0026 % para el Gas LP.

## SE02-7 CARTEL

## ESTUDIO DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO PARA CLIMATIZACIÓN POR SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN EN "LOS NEGRITOS" MUNICIPIO DE VILLAMAR MICHOACÁN

García Vargas Andrea y Estrada Jaramillo Melitón  
 Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo  
 andrea.garciav.91@gmail.com

La energía geotérmica es la que se obtiene del interior de la tierra y se puede utilizar de manera directa o indirecta; la primera principalmente para calefacción de hogares, regulación de temperatura en invernaderos y criaderos de peces, deshidratación de vegetales, secado de madera etc. De manera indirecta para la generación de energía eléctrica. A nivel mundial, México está situado en el cuarto lugar en producción de energía eléctrica a partir de la geotermia, con una capacidad instalada de 958 MW lo que equivale al 7% de la producción mundial. El Estado de Michoacán está situado sobre la faja volcánica mexicana, en él se presentan varias zonas con alto potencial geotérmico no aprovechado aun, como lo son Los Negritos e Ixtlán de los Hervores dentro de la región de la Ciénega del Estado de Michoacán. En el presente trabajo se muestran las características Geotérmicas de Los Negritos, municipio de Villamar Michoacán, para la implementación de un sistema de climatización para una zona hotelera y cabañas que se establecerán en la zona para el descanso de los turistas.

## SE02-8 CARTEL

## ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE SISTEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE OFFSHORE: EL CASO DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Magar Vanesa, González-García Liliana y Gross Markus S.  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 vmagar@cicese.mx

El Golfo de California (GdC), entre la Península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa, es un mar marginal mexicano que por sus características geofísicas en atmósfera, océano y fondo marino, tiene potencial para la explotación de al menos 6 tipos de energía renovable marina y en mar (a las que llamaremos, en conjunto, energías renovables 'offshore'): energía de mareas y de corrientes marinas y de marea, energía eólica, energía geotérmica y energía solar. Sin embargo, también por sus características geofísicas, el GdC es una de las zonas tanto con mayor biodiversidad en macrofauna, como con mayor actividad pesquera del Mundo. Por ende, su vulnerabilidad ante actividades humanas relacionadas con la exploración y explotación energética es sumamente grande. Sin embargo, hasta la fecha pocos trabajos han evaluado conjuntamente el potencial de explotación energética y la vulnerabilidad socio-ecológica del GdC. Se presenta una metodología novedosa basada en el marco de vulnerabilidad socio-ecológica propuesto por Ostrom (A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. Science 325: 419-422, 2009), al cual se ha integrado el desarrollo de energías renovables offshore, usando sin pérdida de generalidad el caso de la energía eólica como caso de estudio. Dentro del marco de vulnerabilidad se incluyen por la parte ecológica los sitios RAMSAR de protección de humedales, las Áreas Naturales Protegidas, las Reservas de la Biosfera, y las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves; y por la parte social las actividades pesqueras, considerando la pesca artesanal y el número de pequeñas comunidades ribereñas afectadas, como los criterios más representativos de vulnerabilidad. La información se combinó a través de sistemas de información geográfica y un análisis multicriterio que permitió identificar zonas geográficas de baja, media, y alta prioridad de desarrollo en base a criterios de potencial energético y de desarrollo sustentable en la región bajo estudio. Se usó la profundidad  $d$  como un criterio técnico y se dividió la región bajo estudio en Zona Costera ( $d < 50m$ ), Zona Offshore en Plataforma ( $50m < d < 200m$ ), y Zona de Aguas Profundas ( $200m < d$ ). Los demás criterios se usaron para dividir la región de estudio en 6 zonas: la que se encuentra sur del paralelo 28, las marina-peninsulares de la región de las grandes islas y del Alto Golfo, la de la biosfera del Alto Golfo, las marina-continuales de la región de las grandes islas y del Alto Golfo. Esta zonificación, junto con los mapas de potencial eólico y de vulnerabilidades socio-ecológicas, permitió identificar algunas áreas de alta prioridad de desarrollo en la región de estudio.

## SE02-9 CARTEL

## PHOTOVOLTAIC MODULE CHARACTERIZATION UNDER REAL LIFE CONDITIONS IN LES ULIS, FRANCE

Torres Aguilar Moira Itzel<sup>1</sup>, Badosa Jordi<sup>2</sup>, Migan-Dubois Anne<sup>3</sup> y Bourdin Vincent<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Laboratoire de Météorologie Dynamique, LMD

<sup>3</sup>Génie électrique et électronique de Paris, GeePs

<sup>4</sup>Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur, LIMS!  
 moira.torres92@gmail.com

Renewable energies are becoming an important part of the world's energy industry, its capacity has grown from around five gigawatts in 20015 to a little under 230 gigawatts in 2015. Just in 2014 the PV market grew in 20 GW and over 60% of all PV capacity in operation worldwide was added from 2011-2014. This shows us just how quickly the use of this technology is growing and how important it is for us to start using it. The purpose of this study was to analyze the performance of four different PV panels located in Les Ulis, France from September, 2014 to August, 2015. The data comes from panels that use four different kind of technologies: CIS, HIT, CdTe and amorphous silicon. These four technologies have its own advantages and disadvantages but it's important to understand their differences in order to be able to choose the one that suits our needs the best, it's not only about their efficiency but about how they will perform under the conditions in which they are used. Based on the results from this study we'll be able to decide whether or not this technologies are well suited for Les Ulis climate conditions.