

## ESTABILIDAD DE PLATAFORMA SEMISUMERGIBLE COSTA FUERA PARA TURBINAS EÓLICAS

Diego Fernando Bernal Camacho<sup>1</sup>, Jassiel Hernández-Fontes<sup>2</sup> y Edgar Mendoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM, diegobernalc.92@gmail.com, emendozab@iingen.unam.mx

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas, jvfontes@uea.edu.br

### Resumen

La principal fuente de energía a nivel mundial, a pesar de muchos esfuerzos, continúan siendo los hidrocarburos. Sin embargo, el uso masivo de energías no renovables ha incrementado la emisión de contaminantes que aceleran el cambio climático. Asimismo, la explotación acelerada de los yacimientos de crudo ha reducido de manera importante las reservas probadas de este combustible, lo que obliga a buscar otras fuentes de energía. Una alternativa viable para solucionar estos problemas es el uso de fuentes de energía renovables, una de ellas es la energía eólica. La generación de energía eléctrica por medio del viento, es una de las energías renovables mayormente utilizadas en el mundo como se muestra en la Figura 1.

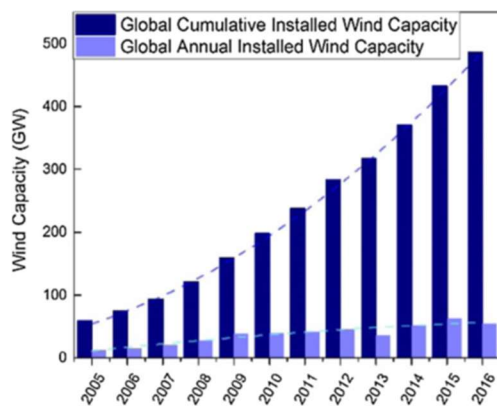


Figura 1. Capacidad mundial de energía eólica (Tomada de Wang et al., 2018).

Es notorio que la instalación y producción de energía eólica está mostrando un rápido crecimiento. Las turbinas eólicas se pueden instalar en tierra o costa fuera (Wang et al., 2018).

La implementación de turbinas eólicas en el mar presenta ventajas tanto en aguas poco profundas como profundas, principalmente relacionadas con el

espacio, ya que en el mar, el rotor puede ser de mayores dimensiones y con ello la capacidad para producir energía eléctrica incrementa (Thresher et al., 2009).

El mayor potencial eólico se encuentra localizado en aguas profundas, donde la corriente de viento se mantiene de manera continua y con una velocidad superior que en sitios de baja profundidad (Atcheson & Garrad, 2016). La instalación de plataformas fijas en aguas profundas no es económicamente viable, por lo tanto, la mejor opción es la instalación de plataformas flotantes con líneas de amarre al fondo marino.

En los años 70s se planteó por primera vez el concepto de una plataforma flotante, no obstante, fue hasta los años 90s cuando se iniciaron investigaciones científicas para el establecimiento de plataformas flotantes con turbinas eólicas en profundidades mayores (Atcheson & Garrad, 2016).

En la actualidad, existe una gran variedad de plataformas flotantes para montar turbinas eólicas, las cuales se pueden clasificar en tres grupos: tipo mástil, plataforma con piernas tensadas y semisumergibles como lo muestra la Figura 2.

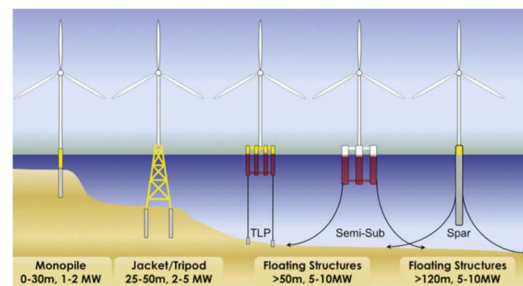


Figura 2. Turbinas eólicas costa afuera (Tomada de Cruz & Atcheson, 2016).

Diversas instituciones y organizaciones a nivel mundial han trabajado en conjunto para llevar a cabo el diseño y análisis de diferentes tipos de

plataformas flotantes con el objetivo de obtener información de la estabilidad de la plataforma en condiciones de oleaje y viento a fin de mejorar el diseño de la estructura.

Especialmente, la plataforma semisumergible ofrece un mejor comportamiento bajo distintas condiciones mar. Además, la construcción se lleva a cabo en tierra y el ensamblaje se realiza en puerto. Respecto del remolque al lugar de trabajo, no es complicado, puesto que la plataforma cuenta con buena estabilidad y maniobrabilidad (Liu et al., 2016).

En años recientes, se han desarrollado plataformas semisumergibles con tres o cuatro flotadores en forma de cilindro interconectados entre sí. Del mismo modo, la posición de la torre donde se instala el aerogenerador puede estar ubicada en distintos lugares, por ejemplo, en un flotador externo o en el centro de la plataforma.

La plataforma semisumergible OC4 DeepCwind de NREL de EUA cuenta con un gran potencial para la producción de energía eléctrica por medio del viento. Esta plataforma semisumergible consiste de tres flotadores con un disco de diámetro mayor instalado en la parte inferior y una columna principal en el centro de la estructura para soportar la torre del aerogenerador (Figura 3).



Figura 3. Plataforma semisumergible OC4 DeepCwind (Tomada de Robertson et al., 2014).

La integración y estabilidad de la plataforma se obtiene mediante soportes que unen las columnas de la estructura.

En el estudio desarrollado, se diseñó la plataforma OC4 DeepCwind en Solidworks para realizar la validación y análisis numérico de su estabilidad en el software ANSYS AQWA. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos respecto al comportamiento dinámico de la plataforma bajo condiciones marítimas mexicanas costa fuera (ver

Figura 4), bajo condiciones marítimas mexicanas costa fuera de la zona con mayor potencial eólico, el golfo de Tehuantepec (Grupo del banco mundial, 2010).



Figura 4. Movimiento ascendente y descendente (heave) de plataforma semisumergible bajo condiciones marítimas.

## Referencias

- Atcheson, M., & Garrad, A. (2016). Looking Back. In *Floating Offshore Wind Energy The Next Generation of Wind Energy*, 1–21.
- Cruz, J., & Atcheson, M. (2016). *Floating Offshore Wind Energy The Next Generation of Wind Energy*. Springer.
- Grupo del Banco Mundial (2021). *Going Global: Expanding Offshore Wind to Emerging Markets (Vol. 41): Technical Potential for Offshore Wind in Mexico - Map*. Washington, D.C.
- Liu, Y., Li, S., Yi, Q., & Chen, D. (2016). Developments in semi-submersible floating foundations supporting wind turbines: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60: 433–449.
- Robertson, A., Jonkman, J., Masciola, M., Song, H., Goupee, A., Coulling, A., & Luan, C. (2014). Definition of the Semisubmersible Floating System for Phase II of OC4.
- Thresher, R., Robinson, M., Musial, W., & Veers, P. (2009). Evolution of Modern Wind Turbines, Part B: 1988 to 2008. In D. Spera (Ed.), *WIND TURBINE TECHNOLOGY Fundamental Concepts of Wind turbine engineering seCond edition*, 2nd ed., 849.
- Wang, X., Zeng, X., Li, J., Yang, X., & Wang, H. (2018). A review on recent advancements of substructures for offshore wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 158: 103–119.



1er Congreso Internacional  
**CEMIE-Océano**





Cinvestav  
UNIDAD MERIDA



Cinvestav  
Unidad Saltillo



Cinvestav  
UNIDAD GUADALAJARA



INSTITUTO DE ECOLOGÍA, PESQUERÍAS  
Y OCEANOGRAFÍA DEL GOLFO DE MEXICO  
Universidad Autónoma de Campeche



INGENIERÍA Y  
MEDIO AMBIENTE



IMTA  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA



PC  
SECRETARÍA DE  
PROTECCIÓN CIVIL  
DEL ESTADO DE VERACRUZ



Universidad Veracruzana



UNIDAD ACADÉMICA  
YUCATÁN



Instituto  
de Biología  
UNAM



IG  
INSTITUTO DE  
GEOGRAFÍA  
U. N. AM.



INSTITUTO DE  
CIENCIAS  
FÍSICAS



INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



INECOL



UABC



UABC



UABC



UABC



CIDESI®



Universidad  
del Caribe



UABC



CICIMAR-IPN



UADY  
UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
DE YUCATÁN



Potencia  
Industrial



ECOSUR



ECOSUR



INFQE



DINA



DINA



IER  
Instituto de Energías  
Renovables



ESIME



CIOA  
CENTRO DE INVESTIGACION  
EN QUÍMICA APLICADA



UNIVERSIDAD DE  
CIENEGA



CICATA-IPN



Tecnológico  
de Monterrey



Centro de  
Física Aplicada y  
Tecnología Avanzada



Universidad Internacional  
SECUNDARIA, BACHILLERATO, LICENCIATURA, INGENIERÍA, POSGRADO