

Simulación numérica de los movimientos en una embarcación de operación offshore

Mendoza Jarillo, Sayra Lourdes¹
 Hernández Hernández, José²
 Vázquez Hernández, Alberto Omar³

Resumen

El objetivo del presente trabajo es el análisis hidrodinámico de una embarcación de tendido de ductos, de tipo S. El análisis se realizó para condiciones del Golfo de México, considerando un tendido bajo las condiciones de este mar. El trabajo se realizó con modelos numéricos, examinando la embarcación en diferentes puntos de la misma. De acuerdo con las características preestablecidas, en cada uno de los puntos de análisis se valoraron rangos de velocidades de la embarcación y diferentes ángulos de incidencia. Tomando como base la partición en cada uno de los puntos, sus RAO (Operadores de Amplitud de Respuesta; por sus siglas en inglés), que describen la respuesta de la embarcación de tendido de ductos, sujeta a un oleaje de amplitud unitaria, en el dominio de la frecuencia. Su obtención permitió realizar la estimación de la respuesta de la embarcación ante oleaje de acuerdo con las condiciones ambientales del Golfo de México.

Palabras claves: Embarcación de Tendido, Respuesta del buque.

Abstract

The objective of the work is the hydrodynamic analysis of a duct laying vessel, type S. The analysis was made for the conditions of the Gulf of Mexico, considering a laying under the conditions of this sea. The work was carried out with numerical models, examining the boat in different points of the same one. In accordance with the pre-established characteristics, in each of the analysis points, the ship's speed ranges and different incident angles were evaluated. Taking as a basis the partition in each of the points, that RAO (Amplitude Response Operators by its acronym in English), which is called the response of the duct laying vessel, subject to a level of unit amplitude, in the domain of frequency. Obtaining it made it possible to estimate the response of the vessel to the situation in accordance with the environmental conditions of the Gulf of Mexico.

Keywords: Lying vessel, ship response.

ISSN: 2448-8704

1 Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Naval. Blvd. Ruiz Cortínez CP. 94294, Boca del Río, Veracruz, México; sayra.jarillo@hotmail.com

2 Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Naval. Blvd. Ruiz Cortínez CP. 94294, Boca del Río, Veracruz, México; jhernanh@hotmail.com

3 Clúster Politécnico Veracruz Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, Km. 22 libramiento, Papantla, Veracruz, México; ovazquezmx@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

La actividad de explotación de los recursos energéticos del océano ha llevado a la fabricación de diferentes tipos de embarcaciones ya sea para unidades de producción servicios, etc. Uno de los servicios más importantes en el desarrollo de campos es el de tendido de ductos en el fondo marino para transportar el hidrocarburo producido de los yacimientos localizados en el mar. Entre estas embarcaciones se tienen diferentes tipos dependiendo de la configuración empleada para el lanzamiento de ductos al fondo del mar. En este trabajo se considera el análisis de una barcaza de tendido en configuración en S para evaluar el comportamiento dinámico ante varias direcciones de incidencia del oleaje.

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

Ante la necesidad de explotar los yacimientos localizados en grandes profundidades del Golfo de México hace necesario evaluar el comportamiento dinámico de embarcaciones de tendido de ductos ante condiciones de oleaje, esto porque

el costo de renta de dichas embarcaciones es demasiado alto (por arriba de los \$100,000. USD/día) dependiendo del tipo de embarcación. En este sentido, una de las limitantes es la capacidad de carga de la barcaza, así como el comportamiento dinámico de la embarcación ante las olas por lo que puede llevar a la falla el proceso de instalación del ducto. Por tal motivo, entre las tareas importantes es determinar el desempeño hidrodinámico de las barcasas ante diferentes condiciones de oleaje para posteriormente efectuar análisis más complejos considerando el proceso de tendido del ducto.

OBJETIVO

Simular empleando un modelo numérico el comportamiento dinámico de una embarcación de tendido de ductos similar al barco Solitaire, de tendido tipo S, para estimar la respuesta bajo condiciones ambientales del Golfo de México. Obtener de estos resultados, las condiciones permisibles dentro de las cuales puede laborar la embarcación sin poner en riesgo la vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del análisis de la presente embarcación, se consideró el diseño del casco según los requerimientos del armador, los cuales debieron ser similares al Buque Cablero Solitaire de la empresa Allseas (Allseas, 2017), se toma como referencia este buque ya que este diseño cuenta con la mayor eslora

entre los buques de tendido y además según el armador puede efectuar el tendido de ductos en aguas ultra profundas.

En este sentido, las dimensiones de la embarcación se muestran en la Tabla 1. El modelo numérico (ver Fig. 1) se realizó con el programa Maxsurf Modeler Programs, Windows Version 20, 2013.

Figura 1. Vista longitudinal de embarcación diseñada en Maxsurf Modeler Programs.

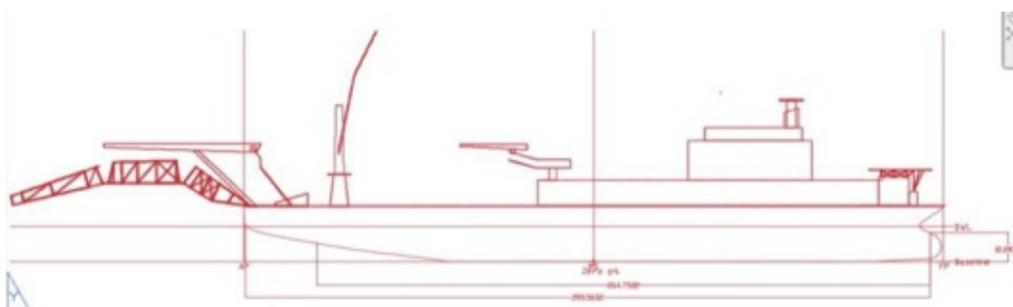


Tabla 1. Dimensiones principales de embarcación "Solitaire" tomada de: (Marine Traffic, 2017)

Requerimientos del Armador	
Tipo de Buque	Embarcación de tendido de ductos
Capacidad de tubería 22,000 ton	Desplazamiento 127,141 ton
Propulsión 10x5550 azimutal	
Tripulación	420 personas
Máxima resistencia en helipuerto	21 ton
Eslora	300 m
Manga	40.6 m
Puntal	24 m

En el análisis hidrodinámico, se consideró “Linear Strip theory” para determinar la respuesta lineal en los seis grados de libertad de la plataforma, bajo las siguientes consideraciones, a). Desplazamiento de la embarcación a velocidades de 0, 5, 10 y 15 nudos. b). Ángulos de incidencia del oleaje a cada 15 grados desde 0° hasta 180°. c). Para definir los espectros de oleaje idealizados, se utilizó el espectro Jonswap (Joint North Sea WAVE Project). d). Condiciones de oleaje del Golfo de México (altura de ola de 2.12 m; periodos de ola desde 4.48 s hasta 31.43 s) se simularon.

Con las condiciones anteriores se analizaron los movimientos verticales arfada (desplazamiento en el eje Z), balanceo (movimiento rotacional sobre el eje X) y cabeceo (movimiento rotacional en el eje Y), en los cuales uno de sus componentes corresponde al eje vertical de referencia. Para cada uno de los grados de libertad, antes mencionados, existe un ángulo de incidencia que genera la condición más desfavorable respecto a los desplazamientos. Por lo tanto, con la intención de integrar esta información para determinar la importancia

de movimientos de cada grado de libertad, según sean los parámetros característicos que gobiernen el oleaje incidente, se realizaron gráficas que muestran el comportamiento de cada uno de estos ángulos.

Bajo las Recomendaciones de Movimiento para Operaciones de Carga y Descarga según tipo de Embarcación, el PIANC (Permanent International Assosiation of Navigation Congress por sus siglas en inglés) establece para carga general en movimiento de arfada movimientos de 1 m, en balanceo 5° y en cabeceo 2° (Lillo, 2007).

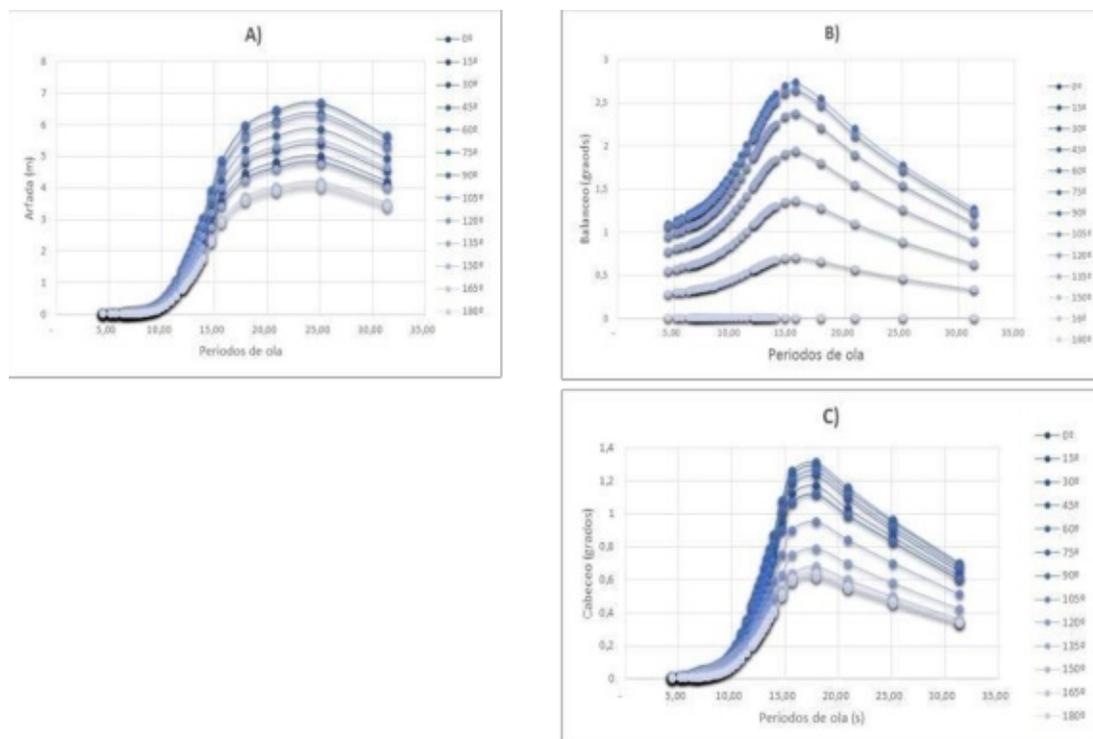
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VELOCIDAD 0 KN

Con la embarcación a 0 kn, se genera una situación de tendido de ductos, donde el buque con un sistema de posicionamiento dinámico puede enfrentar las condiciones desfavorables de oleaje que se presenten.

De acuerdo con el gráfico anterior (Fig. 2), para el movimiento de arfada, los desplazamientos máximos que se entregaron se presen-

Figura 2. Valores de arfada, Valores de balanceo y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 0 kn



tan al encuentro de olas con 75° y 90° de incidencia. La condición máxima restrictiva es de 6,69 m y se encuentra con periodo de 25.13 s. Para un rango de periodos comprendido entre 1 s y 12 s, existen oscilaciones mínimas.

Para condiciones restrictivas de tendido, ocasionadas por periodos de ola superiores a 12 s, se toma a consideración que, en el Golfo de México, la altura significativa es de 0.3 m y se puede esperar una ola del doble de la altura significativa, tres veces cada 24 horas, mientras que el periodo de olas es de 5 s (Tabla de mareas, 2017).

Fig. 2. Valores de arfada con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 0 kn (A), Valores de balanceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 0 kn (B) y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 0 kn (C).

El mayor resultado del movimiento de balanceo el mayor desplazamiento a una incidencia se da con un oleaje de 90°. La respuesta más crítica se presenta al encuentro de una ola de 15.70 s con desplazamiento de 2. 74° (Fig. 3).

En el análisis del movimiento de cabeceo los resultados muestran que el mayor desplazamiento a una incidencia de oleaje entre 60° y 75°. La respuesta máxima de amplitud de la embarcación es de 1. 31° a un periodo de ola de 17,95 s (Fig. 4).

VELOCIDAD 5 KN

Para la embarcación con un desplazamiento de 5 kn en movimiento de arfada. La condición con mayor respuesta se presenta a ángulo de encuentro de 90° (Fig. 5). Con ángulos de encuentro de 45° y superiores a 75° en periodos superiores a 12 s la embarcación presenta oscilaciones mayores a 3 m.

Los resultados del movimiento de balanceo mostraron el mayor desplazamiento a una incidencia de oleaje de 45° (Fig. 6). El mayor desplazamiento es de 13.07° al encuentro de una ola de 4.48 s.

Figura 3. Valores de arfada, Valores de balanceo y y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 5 kn

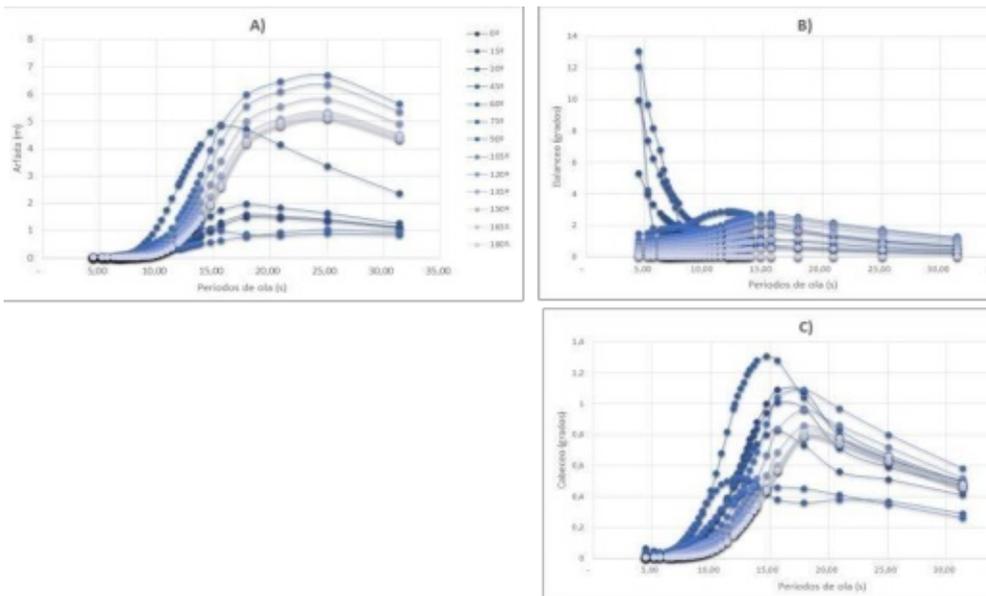


Fig. 3. Valores de arfada con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 5 kn (A), Valores de balanceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 5 kn (B) y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 5 kn (C)

En el análisis del movimiento de cabeceo los resultados entregaron el mayor desplazamiento a una incidencia de oleaje a 45° (Fig. 7). La respuesta de máxima amplitud en la embarcación es de 1.31° a un periodo de ola de 14.77 s.

VELOCIDAD DE 10 KN

La embarcación con un desplazamiento de 10 kn en movimiento de arfada, presenta condición desfavorable a un ángulo de encuentro de 90° (Fig. 8). Con ángulos de encuentro en periodos superiores a 12 s, se presentan oscilaciones mayores a 1 m.

Figura 4. Valores de arfada, Valores de balanceo y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 10 kn

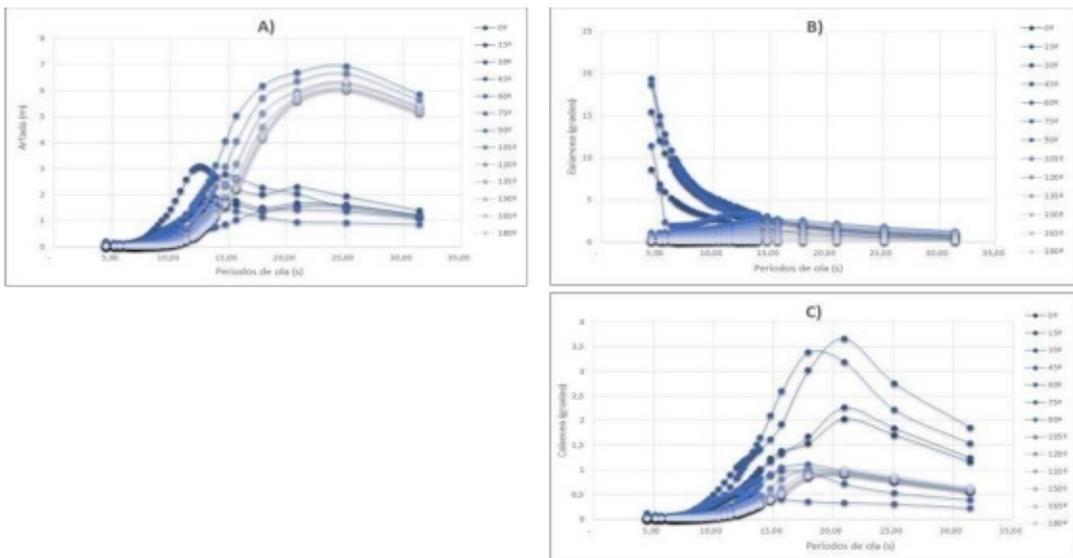


Fig. 4. Valores de arfada con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 10 kn (A), Valores de balanceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 10 kn (B) y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 10 kn (C)

VELOCIDAD DE 15 KN

Simulando un desplazamiento con velocidad de 15 kn. En el movimiento de arfada, la condición más desfavorable se presenta con encuentros a 90° y 180° con movimientos de hasta 7.45 m en un periodo de 25.13 s (Fig. 11).

Los resultados del movimiento de balanceo entregaron el mayor desplazamiento a una incidencia de oleaje de 45° (Fig. 12). La respuesta más desfavorable al encuentro de una ola de 4.40 s provocando un desplazamiento de 24.29°.

En el análisis del movimiento de cabeceo los resultados entregaron el mayor desplazamiento a una incidencia de oleaje a 30° (Fig. 13). La respuesta amplitud de máxima en la embarcación es de 4.66° a un periodo de ola de 17.95 s.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con la embarcación de tendido de ductos diseñada en base a Solitaire, se tomaron velocidades de desplazamiento en los análisis desde 0 hasta 15 kn, ya que los ductos se tienden durante el avance. La máxima velocidad se busca para crear una embarcación de mayor eficiencia.

Figura 5. Valores de arfada, Valores de balanceo y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 15kn

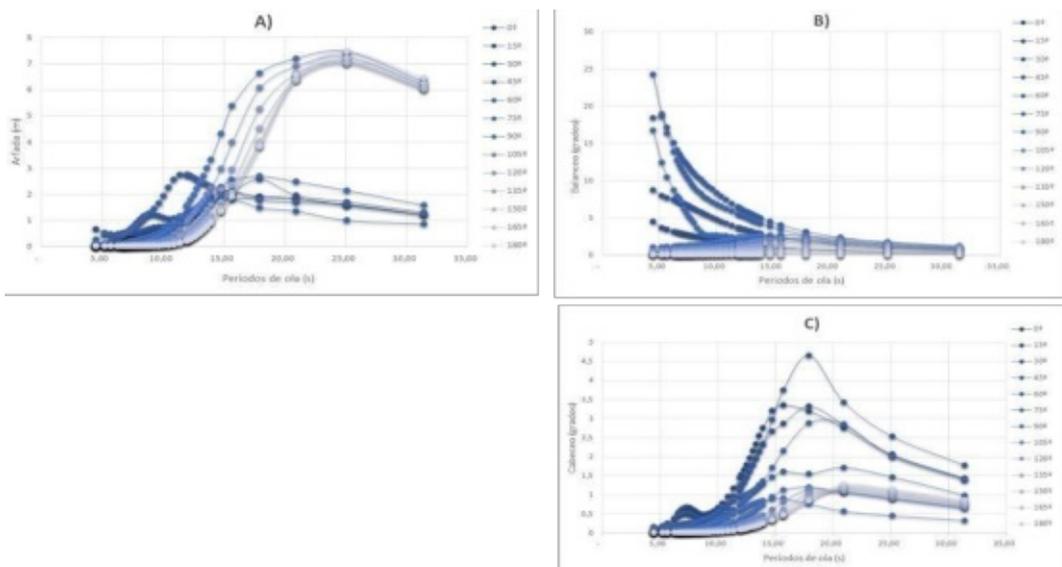


Fig. 5. Valores de arfada con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 15 kn (A), Valores de balanceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 15 kn (B) y valores de cabeceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje a diferentes periodos de ola con 15kn (C)

Las condiciones críticas que podrían ocurrir en el Golfo de México debido a la presencia de fenómenos meteorológicos, como nortes, ondas tropicales y ciclones tropicales de diferentes intensidades, se dan con periodos de ola mayores 30 s. Las condiciones de respuesta obtenidas están basadas en el centro de gravedad. Se obtiene que a 0 kn y 5 kn de desplazamiento, los movimientos exceden 1 m en arfada, con periodos mayores a 12 s, mientras que balanceo y cabeceo están dentro de los parámetros de 5° y 2° respectivamente, de acuerdo con PIANC.

Para las condiciones críticas obtenidas en desplazamientos de 10 y 15 kn, el movimiento de arfada excede las condiciones en periodos mayores a 10 s, el balanceo muestra respuestas excedentes en periodos cortos y el cabeceo en periodos mayores a 15 s en ángulos de 0 a 60°, en el resto de los movimientos la embarcación, los parámetros establecidos se cumplen.

Por lo que se puede realizar el tendido de ductos en el golfo de México, mientras el periodo de ola

sea menor de 12 s. Sin embargo, el Golfo de México tiene un periodo de ola regular de 5 s, por lo que se tiene un amplio rango de operabilidad.

REFERENCIAS

IMO, (1994). Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning System, Londres.

Galván, B. H., (2010). Administración de la integridad en sistemas de transporte de hidrocarburos, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

Lillo, F. A., (2007). Análisis de criterios límites para operabilidad de barcos portacontenedores, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Ley de Hidrocarburos, (2014). México.

Reforma energética, (2013). México.

Bentley Systems Incorporated, (2013). Maxsurf Motions Program & User Manual.

Sarabia, P. T., (2014). Posicionamiento Dinámico: principios, características y operaciones. Cantabria, <https://repositorio.unican.es>, Octubre de 2014.

Zanela, L. A., (2017). Pemex y CFE anuncian espacios para almacenamiento de hidrocarburos, T21 2017/03/10.