

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 1 - DATOS INFORMATIVOS

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 28/01/2019

Título del proyecto: **Desarrollo de una metodología para evaluar la factibilidad técnica de operaciones marinas considerando cargas de viento y oleaje marino**

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica X

Investigación aplicada □

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Mecánica

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Diseño de Sistemas Mecánicos y Mecatrónicos

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

Director

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Guachamín Acero Wilson Iván	1716113533	8 ✓	Ingeniería Mecánica	PhD en Estructuras Marinas

Colaborador(es)

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.

Colaboradores Externos

Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.

* HSS = Horas Semana Semestre

HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Datos Personales				
Nombre Completo:	Wilson Iván Guachamín Acero			
No. de Identificación:	1716113533	Nacionalidad:	Ecuatoriana	
Fecha de nacimiento:	16-02-1980	Celular:	0981286528	Ext. EPN: 3741
Correo institucional:	wilson.guachamin@epn.edu.ec			
Cargo Actual en la EPN:	Profesor agregado 1			
Facultad:	Facultad de Ingeniería Mecánica			
Departamento:	Departamento de Ingeniería Mecánica			

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
Ingeniero Mecánico	2003	Escuela Politécnica Nacional	Ecuador	Diseño mecánico
Maestro en estructuras marinas	2009	Universidad Técnica de Delft TU Delft	Holanda	Diseño estructural
Doctor en estructuras marinas	2016	Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología NTNU	Noruega	Operaciones Marinas

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
2014-2015	Assessment of operational limits for installation of OWT monopile and transition piece and development of an alternative installation procedure	Candidato doctoral en NTNU/Investigación
2015-2016	Optimization and fault-tolerant control of offshore renewable energy systems	Candidato doctoral en NTNU/Investigación
2009-2010	Assessment of passive roll compensation system for the heavy lift vessel Stanislav Yudin	Ingeniero naval en Seaway Heavy Lifting - Holanda/Investigación y Desarrollo R&D

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	Guachamin Acero W., Li L., Gao Z., and Moan T., (2016). Methodology for assessment of the operational limits and operability of marine operations. Ocean Engineering, (125), 308-327. DOI:10.1016/j.oceaneng.2016.08.015. Indexada en Scopus, Q1
2.	Li L., Guachamin Acero W., Gao Z., and Moan T., (2016). Assessment of Allowable Sea States during Installation of Offshore Wind Turbine Monopiles With Shallow Penetration in the Seabed. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, (138), DOI:10.1115/1.4033562. Indexada en Scopus, Q1
3.	Guachamin Acero, W., Gao, Z., Moan, T., (2016). Assessment of the dynamic responses and allowable sea states for a novel offshore wind turbine tower and rotor nacelle assembly installation concept based on the inverted pendulum principle, Energy Procedia, (94), DOI:10.1016/j.egypro.2016.09.198. Indexada en Scopus, Hindex 56 de acuerdo a Scimagojr
4.	Guachamin Acero, W., Gao, Z., Moan, T., (2017). Numerical Study of a Novel Procedure for Installing the Tower and Rotor Nacelle Assembly of Offshore Wind Turbines based on the Inverted Pendulum Principle, Journal of Marine Science and Application, (16)3, 243-260. DOI:10.1007/s11804-017-1418-6. Indexada en Scopus, Q2
5.	Guachamin Acero, W., Gao, Z., Moan, T., (2017). Methodology for assessment of the allowable sea states during installation of an offshore wind turbine transition piece structure onto a monopile foundation, Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, (139)6, 061901. DOI:10.1115/1.4037174. Indexada en Scopus, Q1



6. Guachamin-Acero, W., & Li, L. (2018). Methodology for assessment of operational limits including uncertainties in wave spectral energy distribution for safe execution of marine operations. Ocean Engineering, 165, 184-193. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2018.07.032. **Indexada en Scopus, Q1**

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)

Más de diez años de experiencia como ingeniero estructural, ingeniero naval y supervisor de campo en construcción e instalación de tanques de almacenamiento de petróleo, e instalación de plataformas y oleoductos marinos. Proyectos realizados en Ecuador, Mar del Norte, África, Australia y Golfo de México. Revisor de artículos científicos para las revistas: "Engineering Structures" (Q1) y "Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering JOMAE" (Q1) y conferencias internacionales de "Offshore Mechanics and Arctic Engineering OMAE". Investigador con producción científica de alto impacto. Dos años como profesor Ocasional y Agregado en la Escuela Politécnica Nacional.

HOJA DE VIDA DEL PROFESOR COLABORADOR DEL PROYECTO (1)

Datos Personales				
Nombre Completo:				
No. de Identificación:		Nacionalidad:		
Fecha de nacimiento:		Celular:		Ext. EPN:
Correo institucional:				
Cargo Actual en la EPN:				
Facultad:				
Departamento:				

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS

ANEXO 2 – DETALLES DE LA PROPUESTA

Investigación Básica <input checked="" type="checkbox"/>	Investigación Aplicada <input type="checkbox"/>
DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):	
1. Departamento de Ingeniería Mecánica	
LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:	
1. Diseño de Sistemas Mecánicos y Mecatrónicos ✓	

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)	
Ciencias Naturales y Exactas;	
Ingeniería y Tecnologías;	X
Ciencias Médicas;	
Ciencias Agrícolas;	
Ciencias Sociales;	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)	
Exploración y explotación del medio terrestre; Ambiente;	
Exploración y Explotación del espacio; Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras;	X
Energía;	
Producción y tecnología industrial;	
Salud;	
Agricultura;	
Educación;	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación;	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos;	
Defensa;	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU);	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes.	

1	Proyecto de Investigación
Título:	
Desarrollo de una metodología para evaluar la factibilidad técnica de operaciones marinas considerando cargas de viento y oleaje marino	



Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

El transporte y las operaciones marinas que se ejecutan en las costas Ecuatorianas son importante para el desarrollo económico de país. Estas actividades son comunes en los sectores: petrolero, maricultura, turismo, pesca, etc. Por ejemplo, la transferencia de petróleo desde un oleoducto hasta buques de transporte marítimo requiere de operaciones y maniobras muy complejas. La seguridad durante la ejecución de estas operaciones depende de varios factores: el factor humano, las condiciones medio ambientales (especialmente viento y oleaje), y el desempeño del equipo. De entre estos factores, las condiciones medio ambientales no se pueden controlar, por tanto los límites operacionales deben ser establecidos adecuadamente, y así evitar desastres que pueden tener consecuencias económicas, materiales y humanas catastróficas.

En la actualidad, los límites operacionales usados en la industria para ejecutar operaciones marinas, dependen de la experiencia de los operadores y los procedimientos establecidos por las empresas, y no han sido derivados de forma pragmática y sistemática. Recientemente, centros de investigación como el Centro de innovaciones basado en investigación (SFI MOVE) y la Fundación para la Investigación Industrial y Técnica (SINTEF) de Noruega han empezado a realizar grandes esfuerzos para establecer estos límites operacionales de una forma sistemática. Sin embargo, los métodos desarrollados son generalmente para aplicaciones específicas y varían para cada tipo de estructura marina y área de operación.

El presente proyecto tiene por finalidad desarrollar un método que permita evaluar la factibilidad de realizar una operación marina segura bajo condiciones de oleaje y viento. Los resultados contribuirán al desarrollo de procedimientos y estándares con impacto nacional y mundial.

Palabras clave (4-6):

Operaciones marinas, seguridad marítima, oleaje marino, viento, estructuras marinas

2 Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología que permita evaluar la factibilidad técnica para ejecutar una operación marina incluyendo cargas de viento y oleaje marino.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar un modelo numérico de una operación marina y evaluar las respuestas dinámicas bajo cargas de viento y oleaje marino.
- Establecer un formato práctico para expresar límites operacionales en términos de parámetros de oleaje y velocidad de viento para ejecución segura de actividades marítimas.
- Generar conocimiento científico a través de publicaciones en revistas de alto impacto y de calidad mundial.

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- Publicación de un artículo científico indexado Scopus Q1 que va a ser sometido a la Revista científica "Marine Structures" o la revista "Ocean Engineering". Un posible título del artículo científico sería: "Feasibility study of a novel offshore installation method including wind and wave environmental



- actions". Alternativamente se puede realizar una publicación de un artículo científico en la Revista de la Escuela Politécnica Nacional.
- b. Difusión de los resultados en el ciclo de conferencias organizado por la Facultad de Ingeniería Mecánica.

3 Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación

El proyecto de investigación propuesto es muy relevante para el país, esto es porque el Ecuador depende económicamente de una vasta cantidad de actividades marinas en las cuales se debe garantizar la seguridad. Actividades como la pesca, transporte de turismo, extracción de gas natural y petróleo offshore, biología marina, acuicultura, entre otros, requieren de la interacción entre el factor humano, el sistema dinámico (mecánico y estructural) y las condiciones medio ambientales. Una forma de mejorar las condiciones de trabajo durante la ejecución de operaciones marinas es diseñando procedimientos y herramientas robustas y seguras que brinden soporte al personal a bordo de las embarcaciones marinas. Estas herramientas permitirán realizar una mejor toma de decisiones especialmente en condiciones medioambientales críticas.

4 Productos esperados (marcar con una "X" al menos uno de los productos no señalados)

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicaciones científicas indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	X

5 Descripción, metodología y diseño del proyecto

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

El presente proyecto de investigación propone establecer formatos estándares para expresar límites operacionales en términos de parámetros de oleaje y viento. Operaciones marinas estándares que se ejecutan en las costas ecuatorianas, aguas internacionales y costas de otros países involucran riesgos en la ejecución de los mismos. Esto se debe a que las condiciones o límites de operación para ciertas actividades no están correctamente definidas o no han sido establecidas de forma pragmática. Las condiciones de operación deben preferiblemente expresadas en términos de parámetros medioambientales como son el oleaje, el viento y las corrientes marinas, las cuales deben ser derivadas sistemáticamente (Guachamín Acero et al., 2016; 2018). Sin embargo, los estándares actuales tales como por ejemplo D.N.V (2011) no proporcionan metodologías para determinar estos límites operacionales de parámetros medioambientales y más bien solo se limitan a dar sugerencias para aplicar estos límites, que en general son establecidos en base a la experiencia de la industria marítima. Con el objetivo de caracterizar probabilísticamente estos parámetros, algunos estudios recientes han



sido desarrollados y recomendados para ser incorporados en los estándares y el análisis de operaciones marinas (De Girolamo et al., 2017; Nastkar et al., 2015).

Recientemente, numerosos estudios se han realizado con el fin de establecer límites operacionales para varias operaciones marinas y de forma sistemática, especialmente para el área de instalaciones eólicas marinas. Estos límites operacionales se han establecido en términos de parámetros de oleaje. Por ejemplo, Li et al. (2016) ha desarrollado una metodología para establecer límites operacionales en términos de altura significativa de ola (H_s) y período pico de espectro de olas (T_p) durante la instalación de monopilas de turbinas eólicas marinas. De manera similar, algunos investigadores han realizados estudios para expresar límites operacionales que permitan establecer límites operacionales en términos de parámetros espectrales del viento. Por ejemplo, Jiang et al. (2018) ha intentado establecer límites operacionales para actividades marinas, especialmente para aquellas relacionadas a cambios de componentes de turbinas eólicas marinas. Aunque los resultados de dicha investigación permiten identificar parámetros importantes que limitan operaciones marinas dependientes del viento, aún no se establecen resultados en formatos prácticos que permitan al personal a bordo de embarcaciones tomar decisiones acertadas en condiciones de mar críticas.

La presente investigación tiene por objetivo establecer formatos prácticos para resultados de límites operacionales derivados sistemáticamente y que sean aplicables para una operación marina existente o novedosa. Estos parámetros medioambientales como son el viento y el oleaje marino van a ser considerados cuando se requiera evaluar la seguridad en una operación marina. Este trabajo es necesario especialmente para operaciones marinas nuevas o aquellas donde un nivel aceptable de seguridad no puede ser garantizado. Guachamin Acero et al. (2017) ha mostrado que la factibilidad técnica de una operación marina novedosa puede ser evaluada mediante métodos numéricos, sin embargo, dicha investigación solo incluye parámetros de oleaje y no aquellos debidos al viento.

Para el presente proyecto, el procedimiento general sugerido por Guachamín Acero et al., (2016) puede ser aplicado para estudiar operaciones marinas existentes y novedosas. Se definirá un modelo numérico para una operación numérica específica. El modelo numérico será analizado utilizando métodos numéricos en dominio de tiempo o frecuencia. Se establecerán límites admisibles en componentes estructurales o movimientos de los componentes del sistema dinámico (Verma et al., 2018). Los resultados o respuestas dinámicas del modelo numérico serán analizados y los parámetros medioambientales que permiten alcanzar los límites admisibles de respuestas dinámicas serán identificados. Esto se realizará incluyendo cargas de oleaje y cargas de viento.

Para el análisis de cargas de oleaje en el sistema dinámico se utilizará el código de estado de arte Ansys-AQWA (ANSYS, A. 2013) cuya licencia académica está disponible en la Escuela Politécnica Nacional. Para el análisis de la estructura bajo cargas de viento, se utilizará el código HAWC2 desarrollado por la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU) (Larsen y Hansen, 2018). Este código se encuentra disponible en la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología (NTNU) y actualmente es empleado por investigadores de dicha universidad, donde el director del presente proyecto coopera en el desarrollo de artículos científicos, lo cual garantiza el acceso a dicho código. Los resultados del análisis numérico serán usados para identificar parámetros medioambientales que causan respuestas dinámicas correspondientes al valor admisible de las mismas. Posteriormente se presentarán los resultados en un formato que permita a la gente a bordo de los buques tomar decisiones acertadas que contribuyan a mejorar la seguridad de las operaciones marinas. En un futuro, estos resultados se podrán emplear para desarrollar paquetes computacionales que puedan integrar varios componentes medioambientales de forma simultánea, como aquellos desarrollados por Zhao et al., (2018), para investigar métodos de instalación de turbinas eólicas y otras estructuras marinas.

El resultado de este proyecto va a contribuir al desarrollo del conocimiento científico y tendrá relevancia mundial. Además, dichos resultados van a permitir desarrollar procedimientos para identificar riesgos potenciales en actividades marinas ejecutadas en el Ecuador y el mundo entero. Esto es necesario para desarrollar alternativas más seguras y tareas de mitigación, así como la actualización de estándares internacionales.

Referencias:

- Ansys, A. (2010) User Manual v. 13.0, Century Dynamics Ltd.: Horsham, UK.
- D.N.V. (2011). DNV-RP-H103, Modelling and analysis of marine operations. Det Norske Veritas. Oslo-Norway.



- De Girolamo, P., Di Risio, M., Beltrami, G. M., Bellotti, G., & Pasquali, D. (2017). The use of wave forecasts for maritime activities safety assessment. Applied Ocean Research, 62, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2016.11.006>
- Guachamin Acero W., Li, L., Gao Z. and Moan T. (2016), Methodology for Assessment of the Operational Limits and Operability of Marine Operations, Ocean Engineering 12, 308-327, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.08.015>.
- Guachamin-Acero, W., & Li, L. (2018). Methodology for assessment of operational limits including uncertainties in wave spectral energy distribution for safe execution of marine operations. Ocean Engineering, 165, 184-193. [Ttps://doi.org/ 10.1016/j.oceaneng.2018.07.032](https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.07.032).
- Guachamin Acero W., Gao Z., Moan T., (2017), Numerical study of a novel procedure for installing the tower and Rotor Nacelle Assembly of offshore wind turbines based on the inverted pendulum principle, Journal of Marine Science and Application 16, 243-260, 440 <https://doi.org/10.1007/s11804-017-1418-6>.
- Jiang Z., Gao Z., Ren Z., Li Y., Duan L., (2018), A parametric study on the final blade installation process for monopile wind turbines under rough environmental conditions, Engineering Structures 172 1042-1056. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.04.078>.
- Larsen T. J., Hansen A. M., (2018), How 2 HAWC2, the user's manual, Roskilde, Denmark, Riso National Laboratory, Technical University of Denmark.
- Li, L., Guachamin Acero W., Gao Z. and Moan T. (2016), Assessment of Allowable Sea States During Installation of OWT Monopiles with Shallow Penetration in the Seabed, Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering 138 (4), 041902, <https://doi.org/10.1115/1.4033562>.
- Natskår, A., Moan, T., & Alvær, P. Ø. (2015). Uncertainty in forecasted environmental conditions for reliability analyses of marine operations. Ocean Engineering, 108, 636-647. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.08.034>
- Verma A. S., Jiang Z., Vedvik N. P., Gao Z., Ren Z., (2018), Impact assessment of a wind turbine blade root during an offshore mating process, Engineering Structures 180 (2019) 205-222, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.012>.
- Zhao, Y., Cheng, Z., Sandvik, P. C., Gao, Z., Moan, T., & Van Buren, E. (2018). Numerical modeling and analysis of the dynamic motion response of an offshore wind turbine blade during installation by a jack-up crane vessel. Ocean Engineering, 165, 353-364. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.07.049>

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de Computación	Computador de escritorio	Laboratorio de mecánica informática
Licencia de Ansys y computadora		

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- Este equipo es requerido y está disponible para realizar simulaciones numéricas de sistemas dinámicos

6.3 Fondos Adicionales

- No aplica

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS ANEXO 4 - DECLARACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

TÍTULO DEL PROYECTO

Desarrollo de una metodología para evaluar la factibilidad técnica de operaciones marinas considerando cargas de viento y oleaje marino

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que todos los bienes adquiridos en proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto durante la ejecución del mismo.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.



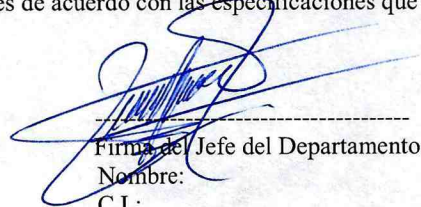
Firma del Director del Proyecto
Nombre: Wilson Iván Guachamín Acero
C.I.:1716113533



DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de *Ing. Mecánica*, en sesión del día *06/02/2019* mediante resolución No. *001-03-02-2019*.

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.



Firma del Jefe del Departamento
Nombre:
C.I.: