

**PROYECTO MULTI E INTERDISCIPLINARIO PIMI-14-02**

***"Asimilación de datos satelitales e in-situ para modelos de predicción de oleaje para la costa ecuatoriana"***

En la ciudad de Quito D.M., a los doce días del mes de diciembre del año dos mil dieciocho, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Multi e Interdisciplinario **PIMI-14-02 "Asimilación de datos satelitales e in-situ para modelos de predicción de oleaje para la costa ecuatoriana"**, por una parte el **Ph.D. Alberto Celi Apolo** en calidad de **Vicerrector de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Ph.D. Jesús Portilla** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Multi e Interdisciplinario**, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- a) El 28 de abril de 2014, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación y Proyección Social, se convocó al **"Concurso de Financiamiento para Proyectos de Investigación Multi e Interdisciplinarios 2014"**
- b) Una vez realizado el proceso de evaluación de los proyectos multi e interdisciplinarios presentados dentro de la convocatoria señalada en el literal precedente y de acuerdo a la Resolución Nro. 49 del Consejo de Investigación y Proyección Social se resolvió la aprobación de 18 proyectos de investigación entre ellos el denominado: **"Asimilación de datos satelitales e in-situ para modelos de predicción de oleaje para la costa ecuatoriana"** presentado por el Ph.D. Jesús Portilla.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

<b>Código de Proyecto</b>	<i>PIMI-14-02</i>
<b>Nombre del Proyecto</b>	<i>Asimilación de datos satelitales e in-situ para modelos de predicción de oleaje para la costa ecuatoriana</i>
<b>Director del Proyecto</b>	<i>Segundo Jesús Portilla Yandún</i>
<b>Colaboradores</b>	<i>Juan Carlos De los Reyes Luigi Cavaleri Nelson Violante-Carvalho</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería Mecánica (DIM)</i>
<b>Línea de Investigación</b>	<i>Mecánica de fluidos, optimización y control</i>
<b>Objetivo</b>	<i>Determinar una metodología para la especificación y cálculo de las matrices de covarianza de errores como componente fundamental del sistema de asimilación de datos.</i>
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicio: 1 de abril del 2015</li> <li>• Fin: 30 de marzo del 2017</li> <li>• Prórroga: 90 días, hasta el 2 de julio 2017</li> <li>• Prórroga ordinaria: 6 meses, hasta el 2 de enero 2018</li> <li>• Prórroga extraordinaria: 6 meses, hasta el 2 de julio 2018</li> <li>• Duración total: 39 meses</li> </ul>



<b>Entrega del Informe Final</b>	<i>14 de septiembre del 2018</i>
<b>Presupuesto asignado</b>	<i>\$ 79.570,00 USD (setenta y nueve mil quinientos setenta dólares americanos con 00/100)</i>
<b>Presupuesto ejecutado</b>	<i>\$ 74.114,76 USD (setenta y cuatro mil ciento catorce dólares americanos con 76/100)</i>

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-PIMI-14-02-2018-0016-M del 14 de septiembre del 2018, suscrito por el Ph.D. Jesús Portilla, Director del Proyecto PIMI-14-02, presenta el informe final de proyecto multi e interdisciplinario. Esta información es recibida y revisada por la Dirección de Investigación y Proyección Social (DIPS) y se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones, recomendaciones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- Respecto al alcance, limitaciones y resultados del proyecto. Es pertinente hacer una relación de los hallazgos alcanzados en cada uno de los objetivos e hipótesis planteados; no sólo de aquellos que corroboran los datos utilizados, sino también de los que no lo sustentan.
- Se ha propuesto una nueva metodología para el cálculo de errores de fondo en los sistemas de asimilación de datos de ondas. Esta metodología tiene como objetivo conciliar las restricciones físicas y estadísticas involucradas en la definición de los errores de fondo para explotar en mayor la información proporcionada por los espectros de onda. Para este fin, es esencial considerar desde el inicio el clima de onda espectral del área de estudio, desde donde se pueden reconocer los diferentes sistemas de ondas.
- Los errores de fondo son el componente fundamental de cualquier esquema de asimilación de datos porque consiste en derivar un nuevo campo de onda de las observaciones en un solo punto. El nuevo campo de onda derivado se combina en un marco Bayesiano con el campo de fondo entregado por el modelo. Es posible tener un muy sofisticado esquema de asimilación y también observaciones precisas y aun así obtener una correlación incorrecta porque el campo de onda derivado de las observaciones no es correcto. Esto se traduce en la introducción de errores en lugar de correcciones en el análisis.
- Bajo la visión actual de sistemas de ondas estadísticamente definidos (independientes del tiempo), se ofrece una solución para resolver un paso crítico de la asimilación de datos de ondas espectrales, que es la asignación cruzada de sistemas de ondas de diferentes fuentes. La ejecución de esta tarea en bases dependientes del tiempo es casi imposible, especialmente considerando la asignación cruzada modelo-observaciones, porque el nivel de subjetividad requerido es alto. Siguiendo el enfoque estadístico presentado aquí el juicio subjetivo (aún requerido) se limita a un solo Indicador espectral, haciendo esta tarea más factible.
- Se han juntado dos desarrollos importantes: por un lado, una técnica moderna para derivar estadísticas espectrales de onda y, por otro lado, la aplicación de esta técnica a los datos a escala global de la base de datos ERA-Interim, que se hizo pública

desde 2015. Esto ha permitido el desarrollo de un atlas espectral de ondas (GLOSWAC). Este atlas está disponible en línea para uso público y contiene un conjunto de parámetros de onda que juntos proporcionan una interpretación directa y completa del clima de las olas a escala global.

- Se ha observado que la mayoría de las ubicaciones del mundo son caracterizadas por complejas condiciones de onda espectral, con características bimodales o multimodales incluso en lugares aparentemente simples. Algunos sistemas de ondas pueden ser relativamente bajos, por lo que tienden a pasarse por alto cuando se utilizan parámetros integrados totales. Sin embargo, varios tipos de análisis requieren series independientes para la inferencia estadística y la predicción. Esta separación es crucial, por ejemplo, en el análisis de valores extremos o en la identificación de regiones de mares cruzados. También se muestra que la separación de los sistemas de ondas permite definir otros parámetros en términos estadísticos.
- Las estadísticas espectrales de onda abren una nueva dimensión para el análisis de datos de onda. Los métodos desarrollados permiten explotar la gran cantidad de información espectral ya disponible. También ofrecen la posibilidad de reducción de datos manteniendo la información espectral más sustancial. Una aplicación directa es la identificación y descripción de los campos de las olas del océano, se han presentado algunos ejemplos para el Océano Índico. Varias nuevas posibilidades se derivan de estos campos individuales, incluido el análisis del clima, implementación, y un cálculo más preciso de los errores de fondo para modelado inverso, entre otros.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Aunque los parámetros integrados pueden dar una cuenta adecuada de ola en casos unimodales, los mismos no representan adecuadamente las condiciones de oleaje cuando hay más de un sistema presente. Por tanto, es necesario analizar la estructura del espectro. Un enfoque para hacer esto, mientras se mantiene la cantidad de información en niveles manejables, es el de partición espectral. Esta metodología permite reducir significativamente los datos con una pérdida menor de información espectral.
- Una técnica desarrollada para realizar estadísticas espectrales, es aplicada al extenso conjunto de datos de ERA-Interim. Esta base de datos contiene series a largo plazo de espectros de onda con cobertura global. Las estadísticas espectrales ofrecen una forma mucho más completa y directa. El descriptor principal sugerido es la distribución empírica de las particiones espectrales que permite definir sistemas de onda a largo plazo. Una vez que los sistemas están definidos, otros parámetros para la descripción de la ola pueden ser determinados fácilmente.
- Dados sus diferentes orígenes, los diversos sistemas de olas que componen el clima de las olas locales se rigen por estructuras de correlación completamente diferentes. El enfoque actual produce correlaciones que son consistentes con los procesos físicos en la zona. No es conveniente introducir esta restricción explícitamente en el algoritmo sino obtenerlo de la memoria del sistema a través de sus espectros de onda.
- Se recomienda el uso de las estadísticas espectrales para realizar la verificación cruzada entre diferentes datos fuentes, por ejemplo, entre diferentes fuentes de modelos o entre datos de modelos y observaciones como en datos in-situ o satelitales. A medida que nuevas fuentes de información se encuentren disponibles

a través de las diversas redes de monitoreo, y sensores remotos, se pueden validar estas diferentes fuentes a nivel espectral.

### PRODUCTOS:

1. Publicación: "On the interaction between ocean surface waves and seamounts"; Sosa Jasón, Cavaleri Luigi, Portilla Jesús; Ocean Dynamics (Q2), ISSN: 16167228, 16167341; DOI: 10.1007/s10236-017-1107-7; octubre 2017.
2. Publicación: "On the specification of background errors for wave data assimilation systems"; Portilla Jesús, Cavaleri Luigi, Journal of Geophysical Research (Q1); ISSN: 01480227; DOI: 10.1002/2015JC011309, diciembre 2015.
3. Publicación: "Climate patterns derived from ocean wave spectra"; Portilla Jesús, Salazar Andrés, Cavaleri Luigi; Geophysical Research Letters (Q1); ISSN: 00948276; DOI: 10.1002/2016GL071419; noviembre 2016.
4. Publicación: "Wave spectra partitioning and long term statistical distribution"; Portilla Jesús, Cavaleri Luigi, Van Vledder Gerbrant; Ocean Modelling (Q1); ISSN: 14635003, 14635011; DOI: 10.1016/j.ocemod.2015.06.008; junio 2015.
5. Publicación: "Open access atlas of global spectral wave conditions based on partitioning"; Portilla Jesús; Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering – OMAE; abril 2018.
6. Artículo enviado para revisión: "A hybrid physical-statistical algorithm for sar wave spectra quality assessment"; Portilla Jesús; Remote Sensing Letters (Q1); ISSN: 2150704X, 21507058; julio 2018.
7. Ponencia: "Wave spectra partitioning and long term statistical distribution"; Portilla Jesús; WISE Meeting 2015, Goa, India; marzo 2015.
8. Ponencia: "The global signature of ocean wave spectra"; Portilla Jesús; WISE Meeting 2017, Victoria, Canadá; mayo 2017.
9. Ponencia: "A hybrid physical - statistical algorithm for sar wave spectra quality improvement"; Valladares Cristhian; Brazilian Symposium in Ocean Waves, Brasil; marzo 2017.
10. Ponencia: "Long-term wave measurements in a climate change perspective"; Pomaro Ángela; European Geophysical Union General Assembly 2017, Viena, Austria; agosto 2017.
11. Taller de difusión de resultados a la comunidad de la EPN: "The wave truth, challenges and perspectives in ocean modelling"; Portilla Jesús; Workshop on Fluid Dynamics and Earth Sciences Applications - 2015 – EPN; julio 2015.
12. Taller de difusión de resultados a la comunidad de la EPN: "Cutting the uncertainties in Extreme Value Analysis projections"; Jácome Edwin; Workshop on Fluid Dynamics and Earth Sciences Applications - 2016 – EPN; julio 2016.

13. Nuevo Proyecto de Investigación Junior: "PIJ-15-03: Elaboración de un plan de información y contingencia ante eventos oceánicos extremos para la Municipalidad de San Cristóbal"; Director: Portilla Yandún Segundo Jesús; junio 2016.
14. Propuesta de nuevo Proyecto de Investigación Junior: "Evaluación de parámetros oceánicos para la planificación y ejecución de operaciones marinas en las costas del Ecuador", Proponente: Portilla Yandún Segundo Jesús; agosto 2018.
15. Proyecto de titulación para Ingeniería Mecánica: "Desarrollo de un algoritmo híbrido (físico-estadístico) para el post-procesamiento de observaciones de espectros de oleaje obtenidos por el instrumento SAR (Synthetic Aperture Radar) del satélite ENVISAT en el océano Pacífico"; Valladares Portilla Cristhian Andres; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19070>, enero 2018.
16. Tesis Maestría en Eficiencia Energética: "Identificación y separación de eventos medioambientales en el análisis de valores extremos para la proyección de periodos de retorno"; Jácome Domínguez Edwin Ángel; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18777>, septiembre 2017.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:


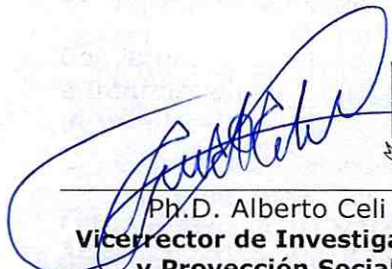
El Proyecto Multi e Interdisciplinario PIMI-14-02 contó con asignación presupuestaria del VIPS de \$ 79.570,00 USD (setenta y nueve mil quinientos setenta dólares americanos con 00/100), y ejecutó \$ 74.114,76 USD (setenta y cuatro mil ciento catorce dólares americanos con 76/100).

#### 5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Multi e Interdisciplinario PIMI-14-02 "**Asimilación de datos satelitales e in-situ para modelos de predicción de oleaje para la costa ecuatoriana**".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los doce días del mes de diciembre del año dos mil dieciocho.



Ph.D. Alberto Celi  
Vicerrector de Investigación  
y Proyección Social  
cc/sp

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Y PROYECCIÓN SOCIAL



Ph.D. Jesús Portilla  
Director del Proyecto  
PIMI-14-02