

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA**

**Modelación numérica estacional de la circulación  
costera aplicada a la gestión y conservación en la Bahía  
del Callao utilizando el modelo Coherens**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Física

Modalidad M1

**AUTOR**

Sebastián CISNEROS CASTILLO

**ASESOR**

Jorge Martín QUISPE SÁNCHEZ

Lima - Perú

2018

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo principal modelar los patrones estacionales de las corrientes marinas en el ecosistema de la Bahía de Callao para el año 2014 y pueda servir como antecedente para futuras investigaciones en los procesos biogeoquímicos y el transporte de contaminantes.

Las simulaciones se realizaron con el modelo computacional COHERENS (Coupled Hydrodynamical Ecological Model for Regional and Shelf Seas). El modelo es un sistema de modelamiento numérico diseñado para diferentes aplicaciones en ecosistemas costeros de aguas poco profundas.

COHERENS resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes, basándose en la técnica del modo de división o “splitting mode”, este método separa el cálculo del movimiento de las masas de agua en un modo externo, que es barotrópico y bidimensional, del cálculo de los valores de las corrientes en cada una de las capas o niveles sigma en que se haya discretizado el eje vertical en el modo interno, que es baroclínico y tridimensional.

El modelo se aplicó sobre una malla rectangular uniforme de 92 filas y 98 columnas, con una resolución espacial de 368 metros y 20 niveles sigma, los niveles sigma se adaptan a la superficie libre y a la batimetría y nos permite una mayor resolución en la columna de agua, y sobre un paso de tiempo  $dt = 40s$ . Se realizaron campañas de mediciones para obtener una batimetría detallada de la Bahía de Callao, y se procesaron datos de vientos y constituyentes armónicos de marea, para utilizar estas series de tiempo con condiciones iniciales y de frontera respectivamente.

Se consiguió implementar el modelo en el área de estudio, reproduciendo así las características generales de la circulación y distribución de las corrientes con datos horarios en cada una de las grillas del área de estudio.

Los resultados mostraron la predominancia de los flujos hacia el noroeste, influenciados por los vientos del sureste, así como por la Corriente Peruana Costera. En superficie las corrientes fueron más intensas en verano que en invierno, con valores promedios mensuales que varían entre 5.83 y 10.53 cm/s y en invierno oscilaron entre 4.29 y 6.18 cm/s. Se validó el modelo con la variable simulada del nivel del mar, aplicándole una regresión lineal con los datos medidos por la Universidad de Hawaii Sea Level Center obteniéndose valores mayores a 0.9 del coeficiente de Pearson para todos los escenarios evaluados.

Palabras Clave: Bahía de Callao, Circulación marina, Simulación numérica

## ABSTRACT

The main objective of this research study was to model the seasonal patterns of marine currents in the ecosystem of the Callao Bay for 2014 and to serve as a background for future investigations in the biogeochemical processes and the transport of pollutants.

The simulations were carried out with the COHERENS (Coupled Hydrodynamical Ecological Model for Regional and Shelf Seas).model The model is a numerical modeling system designed for different applications in coastal shallow water ecosystems.

COHERENS solves the Navier-Stokes equations, based on the technique of splitting mode, this method separates the calculation of the movement of the water masses in an external mode, which is barotropic and two-dimensional, from the calculation of the values of the currents in each of the sigma layers or levels in which the vertical axis has been discretized in the internal mode, which is baroclinic and three-dimensional.

The model was applied on a uniform rectangular mesh of 92 rows and 98 columns, with a spatial resolution of 368 meters and 20 sigma levels, the sigma levels adapt to the free surface and the bathymetry and allow us a higher resolution in the column of water, and over a time step  $dt = 40s$ . Measurement campaigns were conducted to obtain a detailed bathymetry of the bay, and wind data and tidal harmonic constituents were processed to use these time series with initial and boundary conditions for the model respectively.

It was possible to implement the model in the study area, thus reproducing the general characteristics of the circulation and distribution of currents with hourly data in each of the grids of the study area.

The results showed the predominance of the flows towards the northwest, influenced by the southeasterly winds, as well as by the Peruvian Coastal Current. On the surface the currents were more intense in summer than in winter, with monthly average values that vary between 5.83 and 10.53 cm / s and in winter they oscillated between 4.29 and 6.18 cm / s. The model was validated with the simulated variable of the level of the sea, applying a linear regression with the data measured by the University of Hawaii Sea Level Center obtaining values greater than 0.9 of the Pearson coefficient for all the evaluated stages.

Key words: Callao Bay, Marine Circulation, Numerical Simulation