



**PROYECTO INTERNO PII-DICA-001-2016**

***"Actualización de la Modelación Numérica Unidimensional del Flujo en el Flanco Norte del Volcán Cotopaxi producto de una erupción y comparación con la Modelación Numérica Bidimensional y Tridimensional en la Zona Consolidada de Sangolquí"***

En la ciudad de Quito D.M., a los veinte días del mes de diciembre del año dos mil diecisiete, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Interno **PII-DICA-001-2016** ***"Actualización de la Modelación Numérica Unidimensional del Flujo en el Flanco Norte del Volcán Cotopaxi producto de una erupción y comparación con la Modelación Numérica Bidimensional y Tridimensional en la Zona Consolidada de Sangolquí"***, por una parte el **Dr. Alberto Celi Apolo** en calidad de **Vicerrector de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **M.Sc. Jorge Augusto Toapaxi Álvarez** en calidad de **Director del Proyecto Interno**, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- a) Mediante Memorando Nro. EPN-FICAD-2016-0320-M del 06 de abril del 2016, Decano Encargado de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA) informa al Vicerrector de Investigación y Proyección Social (VIPS) que con Resolución Nro. 003 del Consejo del DICA se aprueba el Proyecto de Investigación "Actualización de la modelación numérica unidimensional del flujo en el flanco norte del volcán Cotopaxi producto de una erupción y comparación con la modelación numérica bidimensional y tridimensional en la zona consolidada de Sangolquí", cuya Directora es la Ing. Ximena Hidalgo.
- b) Mediante Memorando Nro. EPN-DIPS-2016-0260-M del 13 de abril del 2016, la Dirección de Investigación y Proyección Social (DIPS) informa al Decano Encargado de la FICA que el proyecto de Investigación Interno de la Ing. Ximena Hidalgo ha sido registrado con el código PII-DICA-001-2016.
- c) Mediante Memorando Nro. EPN-VIPS-2017-0370-M del 22 de febrero del 2017, el VIPS informa la aprobación del cambio de Director del Proyecto de Investigación Interno PII-DICA-001-2016 a favor del M.Sc. Jorge Toapaxi.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO INTERNO:**

<b>Código de Proyecto</b>	<i>PII-DICA-001-2016</i>
<b>Nombre del Proyecto</b>	<i>Actualización de la Modelación Numérica Unidimensional del Flujo en el Flanco Norte del Volcán Cotopaxi producto de una erupción y comparación con la Modelación Numérica Bidimensional y Tridimensional en la Zona Consolidada de Sangolquí</i>
<b>Director del Proyecto</b>	<i>M.Sc. Jorge Augusto Toapaxi Álvarez</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería Civil y Ambiental (DICA)</i>





<b>Línea de Investigación</b>	<i>Modelación Numérica de Fenómenos Hidráulicos</i>
<b>Objetivo</b>	<i>Actualizar la modelación numérica unidimensional en el flanco norte del volcán Cotopaxi hasta la zona consolidada de Sangolquí</i>
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inicio: 1 de abril del 2016.</li><li>• Fin: 30 de marzo del 2017.</li><li>• Duración total: 12 meses.</li></ul>
<b>Entrega del Informe Final</b>	<i>26 de julio del 2017, (3 meses, 26 días)</i>
<b>Presupuesto asignado</b>	<i>\$00,00 USD</i>

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-DICA-2017-1623-M entregado el 26 de julio del 2017, el Director del Proyecto, el M.Sc. Jorge Toapaxi, presenta para aprobación el Informe Final del proyecto Interno PII-DICA-001-2016. La DIPS de la Escuela Politécnica Nacional procedió a la revisión del informe final presentado, y emitió un informe de observaciones, el cual fue notificado mediante Memorando Nro. EPN-DIPS-2017-0114-M.

El Director del proyecto presenta el Informe Final con los cambios sugeridos mediante Memorando Nro. EPN-DICA-2017-1887-M con fecha 30 de agosto de 2017, mismo que es revisado por la DIPS, y que realiza observaciones mediante Memorando Nro. EPN-DIPS-2017-0283-M enviado el 17 de octubre de 2017.

Mediante Memorando Nro. EPN-DICA-001-2016 entregado el 23 de noviembre del 2017, el Director del Proyecto presenta el Informe Final del proyecto Interno PII-DICA-001-2016 con los cambios sugeridos, mismo que es revisado por el VIPPS y que se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones, recomendaciones y productos generados son:

### CONCLUSIONES:

- a) Se calibró exitosamente el modelo numérico unidimensional ya que se obtuvo un 94,4% de coincidencia al comparar los resultados de calados con los obtenidos en campo de los vestigios del evento eruptivo de 1877. El coeficiente de rugosidad ( $n$  de Manning) es la variable que permitió realizar la calibración del modelo unidimensional, considerando que este valor representa las condiciones de la mezcla.
- b) Los resultados de calado de los modelos bidimensional y tridimensional, coinciden aproximadamente un 90% en la margen izquierda y 85% en la margen derecha del río obteniendo calados con el modelo IBER y FLOW 3D en un rango de 11m - 19m en la margen derecha y 12m - 18m en la margen izquierda del río.

En lo referente a la comparación de las áreas de afectación, son similares y aceptables, el área de inundación que resulta de la modelación numérica bidimensional es 8,26 km<sup>2</sup> y de la tridimensional es 7,72 km<sup>2</sup>, presentando un 93,5% de coincidencia.





- c) En los resultados de velocidades máximas, existe una coincidencia de un 98%, siendo la velocidad máxima del tramo en la misma sección de análisis de 21 m/s en las dos modelaciones. El caudal pico del hidrograma de salida es 21.388 m<sup>3</sup>/s a los 60 minutos y 23.490 a los 52 minutos para la modelación bidimensional y tridimensional respectivamente, con un 92% de similitud. El volumen de salida es 43,17 millones de metros cúbicos en la modelación bidimensional y 44,31 millones de metros cúbicos en la modelación tridimensional, coincidiendo un 97%.
- d) Se utilizó el modelo unidimensional para obtener los hidrogramas transitados hasta la zona de interés (zona consolidada de Sangolquí), en la zona de interés se utilizó el modelo bidimensional y tridimensional ya que es una zona de inundación. Los resultados entre la modelación bidimensional y tridimensional son muy similares considerando parámetros como el calado, la velocidad, el caudal y el área de afectación. Los sectores comprendidos dentro de la zona consolidada son: San Rafael, Conocoto, Sangolquí y San José del Valle. En la zona de interés se obtuvieron los siguientes resultados: calado máximo de 19 m, velocidad máxima de 21 m/s y un caudal pico del orden de 23.490 m<sup>3</sup>/s.

#### **RECOMENDACIONES:**

- a) Se recomienda el uso de modelo unidimensional en zonas con altas pendientes de fondo o encañonadas (encauzadas), es decir en donde predomine la dirección longitudinal del río, ya que se puede lograr la representación del modelo numérico de manera satisfactoria con un bajo costo computacional. Bajo esta recomendación se realizó la modelación unidimensional en un tramo aproximadamente 50 km, que inicia en el Río el Salto, en las coordenadas UTM: 9 934 934 m N, 784 021 m E en las Hostería Tambopaxi y en el Río Pita en las coordenadas UTM: 9941862 m N 786360 m E en la Hacienda San Rafael. La modelación finaliza en el Río San Pedro en las coordenadas UTM: 9969567 m N, 783637 m E en la Armenia Cantera.

En zonas de inundación como es el caso de la zona consolidada de Sagolquí se recomienda el uso de un modelo bidimensional ya que el fenómeno en dirección longitudinal no es suficiente para representar el fenómeno.

- b) En zonas de inundación como es el caso de la zona consolidada de Sangolquí se recomienda el uso de un modelo bidimensional ya que el fenómeno en dirección longitudinal no es suficiente para representarlo. La modelación bidimensional y tridimensional se realizó en la zona consolidada de Sangolquí, un tramo de aproximadamente 5,4 km, inicia en el río Santa Clara en las coordenadas UTM 9965019 m N, 784037 m E en Sangolquí el Ejido y en el Río Pita en las coordenadas UTM: 9965099 m N, 7854937 m E en la Colina. Finaliza en el Río San Pedro en las coordenadas UTM: 9969567 m N, 783637 m E en la Armenia Cantera.
- c) Se recomienda la aplicación de la metodología utilizada en el proyecto de investigación para la modelación del flujo producto de una erupción de un volcán. Utilizar el modelo unidimensional hasta llegar al inicio de la zona de interés y así obtener el hidrograma de ingreso al tramo, posteriormente en la zona de interés realizar la modelación bidimensional o tridimensional.





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**ACTA DE FINALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**PRODUCTOS:**

1. Presentado para revisión: "Análisis de la Modelación Numérica del Flujo Producto de una Erupción del Volcán Cotopaxi – Flanco Norte"; Toapaxi J., Torres C., Vera P.; revista: "Tecnología y Ciencias del Agua" (Q4); ISSN: 01878336.
2. Presentación oral: "Actualización de la modelación numérica unidimensional del flujo en el flanco norte del volcán Cotopaxi producto de una erupción y comparación con la modelación numérica bidimensional y tridimensional en la zona consolidada de Sangolquí"; Toapaxi Jorge; en el Aula 405 de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.
3. Tesis de Ingeniería Civil y Ambiental: "Simulación Numérica Bidimensional con el programa IBER del Flujo de Lahares primarios del Río Santa Clara en la población de Sangolquí correspondiente al drenaje norte del volcán Cotopaxi."; Méndez Padilla Javier Alexander; 11 de abril del 2017; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17248>.

**4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:**

El Proyecto Interno PII-DICA-001-2016 no contó con asignación presupuestaria del Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social.

**5. FINALIZACIÓN:**

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto Interno PII-DICA-001-2016 "**Actualización de la Modelación Numérica Unidimensional del Flujo en el Flanco Norte del Volcán Cotopaxi producto de una erupción y comparación con la Modelación Numérica Bidimensional y Tridimensional en la Zona Consolidada de Sangolquí**".

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 veinte días del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

Dr. Alberto Celi  
**Vicerrector de Investigación  
y Proyección Social**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Y PROYECCIÓN SOCIAL

M.Sc. Jorge Toapaxi  
**Director del Proyecto  
PII-DICA-001-2016**

dp/cc

Recibido  
JORGE TOAPAXI  
22/12/2017