

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Título del proyecto: ESTUDIO DE ARREGLOS SISMICOS PARA LA DETECCION DE LAHARES EN EL VOLCAN COTOPAXI BASADOS EN DATALOGGER CON FPGA SPARTAN VI.

Investigación básica Investigación aplicada Investigación pedagógica Innovación
DEPARTAMENTO(S):
 I. DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA
LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):
 I. EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO VOLCÁNICO

Resumen de información del director y colaboradores del proyecto		
<u>Director</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel (Ing., M.Sc., Ph.D)
Enríquez López Wilson Leonel	Geofísica	Msc.
<u>Colaborador(es)</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel Ing., M.Sc., Ph.D)
Ruiz Romero Mario Calixto	Geofísica	PhD.
Marcillo Lara Omar Eduardo	Laboratorio Los Alamos EEUU	PhD.
Nazate Burgos Paola Jeannette	Geofísica	Ing.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO:

1. DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO VOLCÁNICO

1 Proyecto de Investigación

Título: ARREGLOS DE SENSORES SISMICOS PARA LA DETECCION DE LAHARES EN EL VOLCAN COTOPAXI BASADOS EN DATALLOGGER CON FPGA SPARTAN VI.

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

La directriz del proyecto es emplear diversos arreglos de sensores sísmicos de una componente para la detección, cuantificación de volumen aproximado y predicción del alcance de los Lahares del volcán Cotopaxi en las quebradas Pita y/o Cutuchi .

En los últimos meses la actividad interna del Cotopaxi ha visto comprometida la estabilidad nacional por los riesgos y amenazas a los que la población está expuesta. Este proyecto permitirá dar un aviso primario a la población que vive aguas abajo de las quebradas Pita y/o Cutuchi mediante la generación de imágenes prospectivas que delimiten el alcance de los lahares incrementando el tiempo en los que la población puede evacuar.

Se empleará una disposición geométrica espacial de doce receptores sísmicos que adquieran las señales a ser digitalizadas y procesadas por un FPGA Spartan-6 LX45 y mediante comunicación RF llevadas a la base del IG en donde se generaran y visualizan imágenes prospectivas de lahares.

Se pretende obtener una detección de lahares más rápida que las actuales para brindar información más confiable y se ajuste a la realidad desde el momento mismo en que se suscita el evento y generar un aviso primario a las poblaciones comprometidas.

Palabras clave (4-6):

Lahares, Arreglo sensores sísmicos, Conversión análoga digital, Volcán Cotopaxi.



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

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Desarrollar un método innovador para monitorizar, detectar y predecir el alcance de Lahares en el volcán Cotopaxi integrando una nueva metodología basada en arreglos de sensores sísmicos ubicados en forma geométrica espacial para mejorar y fortalecer la detección de señales sísmicas complejas que son desapercibidas por una estación simple.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Diseñar y construir un datalogger especializado para este estudio basado en F.P.G.A. Spartan VI con 12 canales ADC de 24 bits de resolución, para la adquisición simultánea y en tiempo real de las señales sísmicas producidas por los lahar en el cauce del río Pita y/o Cutuchi del Volcán Cotopaxi.
- b. Analizar los datos obtenidos con los arreglos de sensores sísmicos ubicados en formas geométricas espaciales distintas para elegir el algoritmo de procesamiento de menor tiempo y mayor precisión en la detección del cauce por el que transita el Lahar y el volumen estimado.
- c. Disminuir el tiempo de respuesta del Instituto Geofísico para dar alertas a las autoridades gubernamentales y población cuando se produce un Lahar en el volcán Cotopaxi generando imágenes prospectivas del alcance de los mismos.
- d. Realizar un aporte sustancial al conocimiento y métodos de detección de Lahares mediante la documentación de los avances más relevantes para a futuro llevar a cabo investigaciones científicas.

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

- a. Producción de un sistema de adquisición de datos sísmicos especializado en detección monitoreo y predicción de tiempos de llegada de los Lahares en tiempo real con 12 canales ADC y 24 bits de resolución.
- b. Elaboración de una base de datos con los resultados obtenidos con diferentes formas geométricas espaciales presentándolos en gráficas estadísticas para una mejor visualización.
- c. Visualización de imágenes prospectivas del alcance de los Lahares en una Interfaz gráfica en el centro de monitoreo Terras del Instituto Geofísico en Quito en tiempo real.
- d. Presentación de una publicación científica en una revista indexada con los aportes de la investigación.
- e. Realización de una conferencia a la comunidad politécnica de los resultados obtenidos en la presente investigación científica.



3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
	<p>El volcán Cotopaxi (latitud 0° 38' sur; longitud 78° 26' oeste) es considerado uno de los volcanes más peligrosos del mundo debido a la frecuencia de sus erupciones, su estilo eruptivo, su relieve y su cobertura glaciár. Está ubicado a 60 Km al Suroeste de Quito , actualmente más de 700.000 personas viven cerca del volcán o cerca de los drenajes importantes (ríos y quebradas) que nacen en sus flancos. Las erupciones históricas del Cotopaxi (1534 DC – Presente) han demostrado que grandes lahares pueden afectar a pueblos y ciudades que se encuentren a su paso con millones de toneladas de escombros volcánicos.</p> <p>Los lahares son flujos densos que se movilizan ladera abajo por los drenajes de un volcán debido a la acción de la gravedad y consisten de una mezcla de agua (fase líquida) y de materiales volcánicos (fase sólida) como grandes rocas, arena, ceniza e incluso troncos de árboles u otros objetos, que pueden ser arrastrados por el flujo. Los materiales pueden provenir de una erupción en curso o de erupciones anteriores, mientras que el agua, para el caso del Cotopaxi, puede ser originada directamente de la fusión parcial del casquete glaciár durante la erupción o de lluvias intensas que ocurran sobre el volcán.</p> <p>El Instituto Geofísico de la EPN ha monitoreado estos fenómenos desde los años 90's, colocando instrumentación en las principales quebradas que drenan este volcán, tales como, detectores de AFM (Acoustic Flow Monitor), Cámaras, Estaciones sísmicas y estaciones de Infrasonido, los mismos que ha ayudado a la detección de estos flujos.</p> <p>En los últimos años el Instituto ha estado interesado en mejorar la detección de estos fenómenos generando propuestas alternativas instrumentales con bases geofísicas, debido a que las técnicas normales de monitoreo sísmico son distintas al aplicarlas en volcanes porque existen más variables a tomar en cuenta, como por ejemplo: temores, eventos de largo periodo, fluidos internos del volcán, avalanchas por deshilo del glaciár, etc.</p> <p>La relevancia de la actual propuesta se basa en la aplicación de técnicas de instalación de antenas (arreglos) de sensores sísmicos en forma geométrico espacial ordenada y aleatoria cerca de los causes de estas quebradas para mejorar la detección de amenazas y riesgos vulcanológicos. Como un valor agregado cuantificará volúmenes brindando imágenes prospectivas en tiempo real en la sala de monitoreo Terras del IG en Quito. Por lo que se brindará una herramienta visual y con mayor precisión para la generación de reportes y alarmas en menor tiempo.</p>

4	Productos esperados
	<p>a. Publicaciones científicas (obligatorio); <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>b. Disertación a la Comunidad Politécnica; <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>c. Proyecto de Titulación; <input type="checkbox"/></p> <p>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); <input type="checkbox"/></p> <p>e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>f. Patente presentada; <input type="checkbox"/></p> <p>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. <input type="checkbox"/></p>



5 Descripción y metodología y diseño del proyecto

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

El presente proyecto desarrollará una investigación del tipo cuantitativo, pues está centrada en aspectos que pueden ser medidos, observados y cuantificados siguiendo un patrón predecible y estructurado sin la afectación de los datos reales.

Dentro del diseño de investigación se desarrollará una investigación experimental, pues se analizará el valor de la velocidad aparente con que las ondas sísmicas atraviesan determinada superficie de las antenas conjuntamente con el azimut del epicentro – antena, para estudiar el fenómeno volcánico de Lahares en el Cotopaxi.

El instrumento utilizado será un prototipo de datalogger de 12 canales desarrollado en la primera fase de la investigación. El prototipo constará de una tarjeta F.P.G.A. Spartan VI, un sistema de conversión Análogo Digital de 24 bits y 12 canales de una componente en base a las tarjetas NI 9239, comunicación vía Ethernet, sincronización GPS y un sistema de almacenamiento en USB. Se proseguirá con el diseño e implementación de una interfaz con el usuario para el arribo de datos en el centro de monitorización del IG.

Durante la fase de instalación del arreglo primero se realizarán búsquedas de sitios idóneo y con acceso para determinar en base a ello el lugar de instalación. Posteriormente, se recolectará muestras representativas de los diseños experimentales de diferentes arreglos de sensores como una estrategia para elegir la mejor configuración geométrica espacial a utilizarse durante la presente investigación.

Posteriormente la metodología cuantitativa para analizar los datos será mediante una matriz de auto correlación y determinación del vector de velocidad de forma manual de los eventos producidos durante los 4 primeros meses desde el inicio de toma de datos en la investigación y generar como producto un modelamiento matemático aplicando también el método de correlación cruzada, para encontrar la máxima coherencia que optimice los tiempos de respuesta de las señales.

En la etapa final del proyecto se realizará la validación y análisis de los resultados obtenidos conjuntamente con las pruebas de interfaz del sistema implementando la generación de imágenes prospectivas y mejoras correspondientes de acuerdo a sugerencias de los usuarios finales en el centro Terras del IG. Para finalizar se realizará la comprobación de la metodología utilizada comparada con la implementada ya existente. Caracterización del modelo utilizado, conclusiones, análisis de resultados y propuesta de proyectos futuros.

Referencias bibliográficas

- Ibañez J.M, Del Pezzo E, Almendros J, La Rocca M, Alguacil G, Ortiz R, García A. (2000). *Seismovolcanic signals at Deception Island volcano, Antartica: wave field analysis and source modeling*. Journ. Geophys. Res. En prensa.
- Goldstein P, Archuleta RJ. (1987). *Array analysis of seismic signals*. Geophys. Res. Lett. 14:13-16
- Goldstein P, Chouet BA. (1994). *Array measurements and modeling of sources of shallow volcanic tremor at Kilauea Volcano, Hawaii*. Journ. Geophys. Res, 99:2637-2653.
- Almendros J, Ibañez J, Alguacil, Morales J, Del Pezzo E, La Rocca M, Ortiz R, Araña V, Blanco M. (2000). *A double seismic antenna experiment at Teide Volcano: Existence of local seismicity and lack of evidences of volcanic tremor*. Volcanol Geotherm. Res, en prensa.
- Asten M, Henstridge J. (1984). *Array estimators and the use of microseism for reconnaissance of sedimentary basins*. Geophysics, 49: 1828-2837.
- Abril M, Ibañez JM. (2015). *Uso de antenas sísmicas en ambientes volcánicos*. Instituto Andaluz de Geofísica. Universidad de Granada.
https://www.researchgate.net/publication/266162126_USO_DE_ANTENAS_SISMICAS_EN_AMBIENTES_VOLCANICOS
- Almendros J, Chouet B, Dawson P. (2001). *Spatial extent of a hydrothermal system at Kilauea Volcano, Hawaii, determined from array analyses of shallow long-period seismicity. I- Method*.
- National Instruments (2011). Recuperado de <http://www.ni.com/white-paper/6984/es/> (Julio, 2016)



6

Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.

El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:

Proyecto	Director	Colaboradores
PII y PIS	16 HSS	8 HSS
PIJ y PIMI	20 HSS	10 HSS

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
Wilson Leonel Enríquez López	DIRECTOR	16 HSS	GEOFÍSICO
Mario Calixto Ruiz Romero	COLABORADOR	8 HSS	GEOFÍSICO
Paola Jeannette Nazate Burgos	COLABORADOR	8 HSS	GEOFÍSICO
Omar Eduardo Marcillo Lara	COLABORADOR	2 HSS	EEUU

6.2 Infraestructura y equipos

- Laboratorio de Electrónica I.G. (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)
- cRIO-9076 (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)
- NI 9467 (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)
- NI 9239 (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)
- Software Labview con Toolkits (Pertenece a la EPN, administrada por la Facultad de Ing. Electrónica)
- Fuentes de Energía (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)
- 2 Baterías 12 Vdc (Ubicación: Bodega del IG en el Ed. De servicios Generales, subsuelo)
- 1 Regulador de Voltaje Sunsaver (Ubicación: Bodega del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)
- 2 paneles solares (Ubicación: Bodega del IG en el Ed. De servicios Generales, subsuelo)
- 1 caja metálica para instalación de equipos en el Volcán. (Ubicación: Bodega del IG en el Ed. Ing Civil séptimo piso, terraza)
- 1 radio freewave de 900MHz y accesorios (Ubicación: Bodega del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)
- Red de repetidoras del volcán Cotopaxi del IG (Ubicación: Repetidora Putzalahua, Repetidora Corazón, Repetidora Sincholahuá, Repetidora Monjas)
- Personal del IG para realizar la instalación de equipos
- Centro Terras del IG para monitorear las señales en la interfaz con el usuario para visualización de datos y de las imágenes prospectivas. (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)


6.3 Breve justificación del equipo requerido

- Justificar la infraestructura y equipos **solicitados** para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.
- 2 TARJETAS NI 9239 (para acoplar al cRIO – 9076, en la fase uno del proyecto su ubicación será dentro de las instalaciones del IG y en la fase experimental en las quebradas Pita y/o Cutuchi del Volcán Cotopaxi)
- 12 SENSORES SISMICOS 1 COMPONENTE (para adquisición de señales sísmicas en las quebradas Pita y/o Cutuchi del volcán Cotopaxi, en donde estarán instalados)
- 1 COMPUTADORA CORE I5(en la base del IG para una interfaz con los usuarios finales del sistema)

6.4 Fondos Adicionales

- No aplica



7	Declaración del Director del Proyecto
<p>Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.</p>	
	
DIRECTOR DEL PROYECTO	
Nombre: Wilson Leonel Enríquez López	
CC: 0400632105	
Quito, 15 de julio de 2016 (lugar y fecha)	

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO	
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Geofísica, en sesión del día 15 de julio de 2016 mediante resolución No. 02-2016 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.</p>	
	
JEFE DEL DEPARTAMENTO	
Nombre: Alexandra Alvarado	
CC: 170958826-1	
Quito, 15 de julio de 2016 (lugar y fecha)	



ANEXO 3

Título del Proyecto: ESTUDIO DE ARREGLOS SISMICOS PARA LA DETECCION DE LAHARES EN EL VOLCAN COTOPAXI BASADOS EN DATALLOGGER CON FPGA SPARTAN VI.

Nº	Actividad	AÑO 1																																											
		Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6			Mes 7			Mes 8			Mes 9			Mes 10			Mes 11			Mes 12										
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Estudios para adquisición de Equipamiento	x	x	x																																									
2	Compra de Elementos para la Investigación					x	x	x	x	x	x	x	x																																
3	Desarrollo de Datalogger									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																				
4	Diseño del arreglo y pruebas de funcionamiento																					x	x	x	x	x	x	x	x																
5	Instalación del Arreglo en campo																																												
6	Toma de datos																																												
7	Modelo Matemático																																												
8	Procesamiento de datos																																												
9	Presentación de resultados																																												
10	Elaboración de paper para publicación																																												

Nº	Actividad	AÑO 2																			
		Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
7	Toma de datos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8	Modelo Matemático	x	x	x																	
9	Procesamiento de datos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10	Presentación de resultados																				
11	Elaboración de paper para publicación																				



Firma del Director del Proyecto
 WILSON LEONEL ENRÍQUEZ LÓPEZ