

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Interdisciplinario

Título del proyecto DETECCIÓN DE POSIBLES INTRUSIONES MAGMATICAS USANDO ANALISIS DE MICROGRAVIMETRIA

Investigación básica  Investigación aplicada  Investigación pedagógica  Innovación

**DEPARTAMENTO(S):**

1. DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

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

1. MODELAJE DE PROCESOS Y FENOMENOS VOLCANICOS
2. GEOFISICA Y GEOQUIMICA DE LAS ERUPCIONES VOLCANICAS
3. EVALUACION DE LA AMENAZA Y RIESGO VOLCANICO

Resumen de información del director y colaboradores del proyecto	
<u>Director</u>	
<b>Apellidos y nombres</b>	<b>Departamento</b>
Ruiz Romero Mario Calixto	Geofísica
<u>Colaborador(es)</u>	
<b>Apellidos y nombres</b>	<b>Departamento</b>
Alexandra Alvarado	Geofísica
Antonina Calahorrano	Geofísica
Santiago Aguaiza	Geofísica

## 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. MODELAJE DE PROCESOS Y FENOMENOS VOLCANICOS
2. GEOFISICA Y GEOQUIMICA DE LAS ERUPCIONES VOLCANICAS
3. EVALUACION DE LA AMENAZA Y RIESGO VOLCANICO

**1 Proyecto de Investigación**

**Título:** DETECCIÓN DE POSIBLES INTRUSIONES MAGMÁTICAS USANDO ANÁLISIS DE MICROGRAVIMETRÍA EN EL VOLCÁN COTOPAXI

**Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)**

En este proyecto se planea utilizar el análisis microgravimétrico para detectar cambios sub-superficiales de masa, y específicamente, intrusiones magmáticas en el volcán Cotopaxi. Debido a la gran amenaza que dicho volcán representa para la población ecuatoriana, es necesario entender con más profundidad los cambios internos que ocurren dentro del mismo. Usando un microgravímetro Scintrex CG5, de propiedad del Instituto Geofísico, se analizarán cambios en el campo gravitacional en estaciones ubicadas en el volcán Cotopaxi y mediante la comparación de éstos con otros parámetros geofísicos (deformación, medidas de SO<sub>2</sub>, Sismicidad, Geoquímica, etc.) se determinará si los cambios observados pueden deberse a cambios de masa por nuevas intrusiones magmáticas o a cambios de densidad en el conducto volcánico, y si estos cambios pueden ser precursores a un incremento en actividad volcánica. Además, se utilizarán los datos microgravimétricos obtenidos antes y después de las explosiones de Agosto de 2015 para modelar la causa de dicha actividad volcánica y para obtener pautas para utilizar la microgravimetría como otra herramienta de monitoreo en el volcán Cotopaxi.

Como producto de este proyecto se plantea establecer las líneas base para un proyecto de mayor complejidad que esté orientado al modelamiento de los procesos de ascenso / descenso de magma en el interior del volcán Cotopaxi.

**Palabras clave (4-6):**

Gravimetría, Geofísica, Cambios sub-superficiales de masa en volcanes, Volcán Cotopaxi.



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

**2.1 Objetivos**

**2.1.1 Objetivo General**

- Detectar los procesos sub-superficiales relacionados con el movimiento de magma en el interior de un volcán activo usando medidas de micro-gravimetría en una secuencia temporal y contribuir a una mejor evaluación de la actividad interna de un volcán empleando un análisis de los resultados gravimétricos en relación con otros métodos.

**2.1.2 Objetivos Específicos**

- a. Detectar las variaciones gravimétricas relacionadas con cambios internos del volcán.
- b. Implementar el monitoreo microgravimétrico en el volcán Cotopaxi al establecer una densa red de estaciones microgravimétricas y realizar medidas de microgravimetría en ellas con una periodicidad bi-mensual.
- c. Encontrar el método ideal en este caso para corregir los datos obtenidos de microgravimetría para eliminar efectos lunisulares, de marea, topograficos y de elevación.
- d. Tener un modelo de la actividad interna en el volcán Cotopaxi en base a la comparación de los resultados microgravimétricos con parámetros de monitoreo geofísico como deformación, geoquímica y sismicidad.

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

- a. Establecer la red de monitoreo microgravimétrico con estaciones en todos los flancos del volcán , a distancias entre 2 a 15 km de la cumbre.
- b. Generación de un protocolo de correcciones apropiadas para los datos gravimétricos en el Cotopaxi, incluyendo la medida del valor del gradiente de aire libre en todas las estaciones de la red establecida.
- c. Modelos de futuros cambios sub-superficiales de masa y análisis comparativo de resultados con otros parámetros geofísicos.
- 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





<b>3</b>	<b>Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación</b>
	<p>En Agosto del 2015, una serie de explosiones en el volcán Cotopaxi marcó el inicio de una nueva fase de actividad volcánica. Aunque los niveles en los parámetros de monitoreo se mantienen actualmente en los niveles base, es evidente que se necesita una mejor comprensión de los procesos internos que ocurren en este volcán.</p> <p>El monitoreo microgravimétrico ha demostrado ser de gran ayuda en algunos volcanes del mundo (Etna, Campi Flegrei, Kilauea, Krafla) para complementar el monitoreo clásico proporcionado por parámetros como sismicidad y deformación (Rymer et. al, 1995, Berrino, 1994, Bonafede &amp; Mazzanti, 1998, Delaney &amp; McTigue, 1994, Johnsen et. al., 1980).</p> <p>Cabe recordar que el Cotopaxi es un volcán activo y tiene el potencial de generar erupciones con VEI 3 (probable) e incluso VEI 4 (menos probable) (Hall, 1987). Las erupciones históricas más importantes fueron 1534 (VEI 4), 1742 (VEI 3), 1743 (VEI 3), 1744 (VEI 4), 1803 (VEI 3), 1853 (VEI 3), 1869 (VEI 3), 1877 (VEI 4) y 1880 (VEI 3) (Hall &amp; Mothes, 2008). Estas erupciones pueden generar lahares que afecten zonas densamente pobladas en los cauces de los ríos Pita, Santa Clara, Aláquez y Cutuchi, así como afectar también las zonas junto a los ríos Misahualli y Napo (Mothes et. al., 1998, Hall &amp; Hillebrandt, 1988). Por lo indicado es muy importante reforzar el conocimiento del volcán con técnicas que permitan conocer o inferir los procesos dinámicos en el interior del mismo.</p> <p>Recientemente, se han visto grandes ventajas en establecer una red de estaciones en donde se realicen medidas de gravimetría frecuentemente. Un ejemplo de esto es el volcán Etna en donde las medidas de gravimetría relativas se complementan con una red de gravímetros absolutos (Greco et. al, 2012, Greco et. al, 2014). Específicamente, en el Etna se ha comprobado la eficiencia de correlacionar la gravimetría con otros parámetros geofísicos para modelar procesos internos y dinámicos que ocurren en los volcanes (Bonaccorso, et. al, 2011 a, b, c).</p> <p>Las ventajas principales del monitoreo microgravimétrico son la determinación certera de las causas de la actividad volcánica al determinar los cambios de masa bajo la superficie (Battaglia et. al, 2008, Rymer &amp; Williams-Jones, 2000). Debido a la inmensa cantidad de procesos internos que ocurren dentro de volcanes en actividad, es muy difícil que se pueda determinar las causas de la misma sin el conocimiento de una amplia gama de parámetros. Por ejemplo, ¿podría estar la deformación causada por una intrusión nueva de magma, o es simplemente una variación en el nivel freático? Si es efectivamente una intrusión, ¿es el tamaño de la misma suficiente para causar una erupción volcánica? La microgravimetría, además de usarse para determinar la localización y tamaño de una posible fuente magmática, también puede ayudar a determinar la explosividad de dicha fuente y así permitir una mejor estimación de la probabilidad en la ocurrencia de una futura erupción (Rymer, 1994, Williams-Jones et. al, 2008).</p>

<b>4</b>	<b>Productos esperados</b>
----------	----------------------------

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



5 Descripción y metodología y diseño del proyecto

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

El trabajo que se realizará en este proyecto será tanto sobre datos futuros, como sobre datos ya existentes de microgravimetría en el volcán Cotopaxi.

Con el fin de obtener medidas confiables de micro-gravedad que contribuyan a un mejor conocimiento de la actividad interna del volcán, se plantea la siguiente metodología:

- 1.- Calibración del equipo de detección (gravímetro Scintrex CG5) en condiciones de estabilidad de temperatura y ausencia de los efectos de fuentes de ruido (viento, cambios de temperatura), a fin de conocer la deriva del instrumento con el tiempo. Para esto se plantea calibrar el equipo en el túnel que posee la Escuela Politécnica Nacional en la vía Otavalo Selva- Alegre.
- 2.- Realización de campañas de medidas con la ubicación de una base fija en las afueras del volcán (sector Pastocalle). Determinación de medidas de gravedad en forma progresiva en sitios ubicados en diferentes flancos del volcán. Estas medidas deben ser seguidas por medidas adicionales de la base fija. En cada campaña se deberá tomar medidas en por lo menos 3 estaciones distintas, y se repetirá las mediciones aproximadamente cada mes para detectar posibles cambios rápidos de masa dentro del volcán.
- 3.- Determinación de la ubicación exacta de los puntos de medida y de la base fija usando un GPS portátil. En sitios donde se encuentre instalado una estación geodésica de GPS se tomará la información de la misma. Comparación de dichas medidas con datos de deformación InSAR.
- 4.- Procesamiento de los datos usando las correcciones de latitud, aire libre, Bouger, deriva instrumental, efectos lunisulares y de marea (Feininger & Seguin, 1983). Preliminarmente, se utilizará el software SPOTL para realizar las correcciones lunisulares y de marea (Agnew, 1996). Se desarrollarán programas simples para realizar las correcciones de deriva instrumental, aire libre y latitud. Búsqueda de un software apropiado para realizar las correcciones de Bouguer en la complicada topografía ecuatorial.
- 6.- Correlación con datos sísmico, de infrasonido y geoquímicos de las redes de monitoreo e investigación del Instituto Geofísico. Esto ayudará también a la determinación de la veracidad del modelamiento utilizado.
- 7.- Análisis, síntesis de los datos y elaboración de resultados y conclusiones.

**Referencias bibliográficas**

- Agnew, D. C. (1996), SPOTL: Some programs for ocean-tide loading, *SIO Ref. Ser.* 96-8, 35 pp., Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA.
- Battaglia, M., Gottsmann, J., Carbone, D., Fernández, J., (2008). 4D volcano gravimetry, *Geophysics*, 73, 6: 3-18, DOI 10.1190/1.2977792
- Berrino G (1994) Gravity changes induced by height-mass variations at the Campi Flegrei caldera. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 61:293-309
- Bonaccorso A, Bonforte A, Currenti G, Del Negro C, Di Stefano A, Greco F (2011a) Magma storage, eruptive activity and flank instability: inferences from ground deformation and gravity changes during the 1993-2000 recharging of Mt. Etna volcano. *J Volcanol Geotherm Res* 200:245-254, doi:10.1016/j.jvolgeores.2011.01.001
- Bonaccorso A, Cannata A, Corsaro RA, Di Grazia G, Gambino S, Greco F, Miraglia L, Pistorio A (2011b) Multidisciplinary investigation on a lava fountain preceding a flank eruption: the 10 May 2008 Etna case. *Geochem Geophys Geosyst* 12:Q07009, doi:10.1029/2010GC003480
- Bonaccorso A, Caltabiano T, Currenti G, Del Negro C, Gambino S, Ganci G, Giammanco S, Greco F, Pistorio A, Salerno G, Spampinato S, Boschi E (2011c) Dynamics of a lava fountain revealed by geophysical, geochemical and thermal satellite measurements: the case of the 10 April 2011 Mt Etna eruption. *Geophys Res Lett* 38:L24307, doi:10.1029/2011GL049637





- Bonafede M, Mazzanti M(1998)Modelling gravity variations consistent with ground deformation in the Campi Flegrei Caldera (Italy). *J Volcanol Geotherm Res* 81:137–157
- Delaney PT, McTigue DF (1994) Volume of magma accumulation or withdrawal estimated from surface uplift or subsidence with application to the 1960 collapse of Kilauea Volcano. *Bulletin of Volcanology*, 56:417–424
- Del Negro C, Currenti G, Solaro G, Greco F, Pepe A, Napoli R, Pepe S, Casu F, Sansosti E (2013) Capturing the fingerprint of Etna volcano activity in gravity and satellite radar data. *Sci Rep* 3:3089, doi:10.1038/srep03089
- Feininger T., Seguin, M.K., 1983. Simple Bouger gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador, *Geology*, 11:40-44
- Greco F, Currenti G, D'Agostino G, Germak A, Napoli R, Pistorio A, Del Negro C (2012) Combining relative and absolute gravity measurements to enhance volcano monitoring. *Bull Volcanol* 74:1745–1756, doi:10.1007/s00445-012-0630-0
- Greco et al (2014).: Characterization of the response of spring-based relative gravimeters during paroxysmal eruptions at Etna volcano. *Earth, Planets and Space* 66:44. doi:10.1186/1880-5981-66-44
- Hall M (1987) Peligros potenciales de las erupciones futuras del volcán Cotopaxi. *Politécnica, Mon Geol* 5(12):41–80
- Hall M, Hillebrandt von C (1988) Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi: (1) zona norte and (2) zona sur. Instituto Geofísico, Quito
  
- Minard Hall and Patricia Mothes (2008) "The rhyolitic–andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador", *Bull. Volc.*, v. 70 (6), pp. 675-70
- Johnsen GV, Bjornsson A, Sigurdsson S (1980) Gravity and elevation changes caused by magma movement beneath the Krafla Caldera Northeast-Iceland. *Journal of Geophysics*, 47:132–140
- Mothes et al (1998) "The enormous Chillos Valley Lahar: an ash-flow-generated debris flow from Cotopaxi Volcano, Ecuador", *Bull. Volc.*, v. 59 (4), pp. 233-244
- Rymer H (1994) Microgravity change as a precursor to volcanic activity. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 61:311–328
- *Rymer H, Tryggvason E (1993)* Gravity and elevation changes at Askja Iceland. *Bulletin of Volcanology* 55:362–371
- Rymer H, Williams-Jones G (2000) Volcanic eruption prediction: magma chamber physics from gravity and deformation measurements. *Geophysical Research Letters* 27:2389–2392
- *Rymer H, Cassidy J, Locke CA, Murray JB (1995)* Magma movements in Etna volcano associated with the major 1991–1993 lava eruption: evidence from gravity and deformation. *Bulletin of Volcanology* 57:451–461
- Williams-Jones, G, Rymer, H., Mauri, G., Gottsmann, J., Poland, M. & Carbone, D. (2008) Towards continuous 4D microgravity monitoring of volcanoes, USGS 2008 Volcano Deformation and Gravity Workshop, Vancouver, Washington, Abstract



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:*

<i>Proyecto</i>	<i>Director</i>	<i>Colaboradores</i>
<i>PII y PIS</i>	<i>16 HSS</i>	<i>8 HSS</i>
<i>PIJ y PIMI</i>	<i>20 HSS</i>	<i>10 HSS</i>

<b>Nombre</b>	<b>Rol (director o colaborador)</b>	<b>Horas de dedicación</b>	<b>Departamento</b>
Mario Calixto Ruiz Romero	DIRECTOR	6 HSS	GEOFÍSICO
Alexandra Patricia Alvarado	COLABORADOR	6 HSS	GEOFÍSICO
Antonina Eloisa Calahorrano Di Patre	COLABORADOR	8 HSS	GEOFÍSICO
Santiago Aguaiza	COLABORADOR	6 HSS	GEOFÍSICO

**6.2 Infraestructura y equipos**

- *Sala de Sismología I.G. (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)*
- *Gravímetro Scintrex IG con todos sus accesorios (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)*
- *Personal del IG para realizar las campañas mensuales*
- *Vehículos de IG para movilizarse hacia las estaciones en el volcán Cotopaxi.*
- *Centro Terras del IG para el monitoreo (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)*
- *Acceso a los datos de sismología, deformación, gases y geoquímica del IG.*
- *Altímetro con Barómetro integrado DBPOWER*

**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.*
- *Altímetro DBPOWER con Barómetro incluido. Es necesario para el monitoreo de la presión atmosférica en las diversas estaciones, pues una variación en la misma puede afectar a los datos de gravimetría y en ese caso el efecto sobre los datos debe ser corregido.*

**6.4 Fondos Adicionales**

- *No aplica*



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**Dirección de Investigación y Proyección Social**



- Hall M (1987) Peligros potenciales de las erupciones futuras del volcán Cotopaxi. *Politécnica, Mon Geol* 5(12):41–80
- Hall M, Hillebrandt von C (1988) Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi: (1) zona norte and (2) zona sur. Instituto Geofísico, Quito
- Minard Hall and Patricia Mothes (2008) "The rhyolitic–andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador", *Bull. Volc.*, v. 70 (6), pp. 675-70
- Johnsen GV, Bjornsson A, Sigurdsson S (1980) Gravity and elevation changes caused by magma movement beneath the Krafla Caldera Northeast-Iceland. *Journal of Geophysics*, 47:132–140
- Mothes et al (1998) "The enormous Chillos Valley Lahar: an ash-flow-generated debris flow from Cotopaxi Volcano, Ecuador", *Bull. Volc.*, v. 59 (4), pp. 233-244
- Rymer H (1994) Microgravity change as a precursor to volcanic activity. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 61:311–328
- *Rymer H, Tryggvason E (1993)* Gravity and elevation changes at Askja Iceland. *Bulletin of Volcanology* 55:362–371
- Rymer H, Williams-Jones G (2000) Volcanic eruption prediction: magma chamber physics from gravity and deformation measurements. *Geophysical Research Letters* 27:2389–2392
- *Rymer H, Cassidy J, Locke CA, Murray JB (1995)* Magma movements in Etna volcano associated with the major 1991–1993 lava eruption: evidence from gravity and deformation. *Bulletin of Volcanology* 57:451–461
- Williams-Jones, G, Rymer, H., Mauri, G., Gottsmann, J., Poland, M. & Carbone, D. (2008) Towards continuous 4D microgravity monitoring of volcanoes, USGS 2008 Volcano Deformation and Gravity Workshop, Vancouver, Washington, Abstract





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:*

<i>Proyecto</i>	<i>Director</i>	<i>Colaboradores</i>
<i>PII y PIS</i>	<i>16 HSS</i>	<i>8 HSS</i>
<i>PIJ y PIMI</i>	<i>20 HSS</i>	<i>10 HSS</i>

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
Mario Calixto Ruiz Romero	DIRECTOR	6 HSS	GEOFÍSICO
Alexandra Patricia Alvarado	COLABORADOR	6 HSS	GEOFÍSICO
Antonina Eloisa Calahorrano Di Patre	COLABORADOR	8 HSS	GEOFÍSICO
Santiago Aguaiza	COLABORADOR	6 HSS	GEOFÍSICO

**6.2 Infraestructura y equipos**

- *Sala de Sismología I.G. (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)*
- *Gravímetro Scintrex IG con todos sus accesorios (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)*
- *Personal del IG para realizar las campañas mensuales*
- *Vehículos de IG para movilizarse hacia las estaciones en el volcán Cotopaxi.*
- *Centro Terras del IG para el monitoreo (Ubicación: Instalaciones del IG en el Ed. Ing Civil sexto piso)*
- *Acceso a los datos de sismología, deformación, gases y geoquímica del IG.*
- *Trípode extensible del gravímetro CG5*

**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.*
- *Trípode extensible del CG5 que se utilizará para realizar la medida del gradiente de aire libre en el Cotopaxi.*

**6.4 Fondos Adicionales**

- *No aplica*

7 **Declaración del Director del Proyecto**

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.

DIRECTOR DEL PROYECTO  
Nombre: Mario Calixto Ruiz Romero  
CC: 1001304805

Quito, 15 de julio de 2016  
(lugar y fecha)



**DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO**

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Geofísica, en sesión del día 15 de julio de 2016 mediante resolución No. 03.2016. 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.

JEFE DEL DEPARTAMENTO  
Nombre: Alexandra Alvarado  
CC: 170958826-1

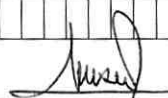
Quito, 15 de julio de 2016  
(lugar y fecha)



Título del Proyecto: DETECCIÓN DE POSIBLES INTRUSIONES MAGMÁTICAS USANDO ANÁLISIS DE MICROGRAVIMETRÍA EN EL VOLCÁN COTOPAXI

		AÑO 1																																																							
Nº	Actividad	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	2	3	4												
	Calibración del equipo	x	x	x	x																																																				
1	Toma de datos en estaciones existentes en Cotopaxi					x	x	x	x	x	x	x	x													x	x	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x									x	x	x	x
2	Prueba y comparación de softwares de corrección de datos									x	x	x	x																																												
3	Medida de gradiente de aire libre													x	x	x	x																																								
4	Ampliación de red de gravimetría																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																								
5	Toma de datos GPS																					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																								
6	Toma de datos en red establecida final																									x	x	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x												
7	Procesamiento y corrección de datos																																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
8	Modelamiento de datos																																					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
9	Presentación de resultados																																																								
10	Elaboración de paper para publicación																																																								

		AÑO 2																											
Nº	Actividad	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	1	2	3	4				
7	Toma de datos en red establecida final	x	x	x	x					x	x	x	x					x	x	x	x								
8	Modelo Matemático	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	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	x	x	x	x				
	Correlación con resultados de geofísica					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
10	Presentación de resultados									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
11	Elaboración de paper para publicación													x	x	x	x	x	x	x	x								

  
 Firma del Director del Proyecto  
 MARIO CALIXTO RUIZ ROMERO