

REVISTA  
**GEO & CIENCIAS  
DATOS**

INSTITUTO · GEOGRÁFICO · MILITAR



7<sup>ma.</sup> EDICIÓN | abril 2016



- CARTOGRAFÍA
- GEOGRAFÍA
- GEODESIA
- GEOMÁTICA: Teledetección • SIG • GNSS



Instituto  
**Geográfico  
Militar**



- Crnl. de E.M.C. William R. Aragón C.  
**Director del I.G.M.**
- Crnl. de E.M. Ricardo Urbina C.  
**Subdirector del I.G.M.**
- **Comité Editorial:**  
Lic. José Marrero, PhD.  
Tcrn. IGEO. Rafael Delgado H.  
Ing. Ricardo Romero  
Lic. Adela Camacho  
Tlga. Jacqueline Páez
- **Arte y Diagramación:**  
Dis. David Díaz S.
- **Corrección de Estilo:**  
Egdo. Gonzalo Baquero T.
- **Editor:**  
Tcrn. IGEO. Carlos Estrella
- **Co-Editor:**  
Físico. Luis Porras MSc.

*La Revista Geociencias&Geodatos es una publicación anual del Instituto Geográfico Militar del Ecuador dirigida a la población científica y universitaria con la finalidad de difundir los trabajos de investigación, estados de arte y proceedings de Congresos, relacionados con las áreas de la Geociencia: Cartografía, Geodesia, Geografía y Geomática (Teledetección, Sistemas de Información Geográfica, GNSS).*

*La Revista Geociencias & Geodatos del 2016 es la primera edición con Registro ISSN.*

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su procedencia.

Las opiniones y conceptos expresados por los autores son de su exclusiva responsabilidad. La revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

Solicitudes, comentarios y sugerencias favor dirigirse a:

[revista.igm@mail.igm.gob.ec](mailto:revista.igm@mail.igm.gob.ec)

Gestión de Investigación y Desarrollo. Instituto Geográfico Militar.

Dirección: Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño, Sector El Dorado.

Casilla postal: 17-01-2435

Quito - Ecuador

[www.igm.gob.ec](http://www.igm.gob.ec); [www.geoportaligm.gob.ec](http://www.geoportaligm.gob.ec)

# Presentación

---

El INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR del Ecuador alineado a las políticas de SEGURIDAD, DEFENSA, DESARROLLO NACIONAL y APOYO A LA GESTIÓN DE RIESGOS, sustenta sus pilares fundamentales en los ámbitos de la GEOINFORMACIÓN, SERVICIOS ESPECIALIZADOS e INVESTIGACIÓN en las áreas CARTOGRAFÍA, GEODESIA, GEOGRAFÍA y GEOMÁTICA (Teledetección, SIG y GNSS), mismas han trazado una historia técnica en su ámbito de competencia, que ha marcado al país durante 88 años.

Con la llegada de nuevas tecnologías, nuestro Instituto ha puesto énfasis en fortalecer su modelo de gestión, generando con esto nuevas capacidades. Investigar, Desarrollar, Innovar, Vincular y Transferir son los nuevos verbos que hacen que nuestro accionar en beneficio del país sea el más acertado. Por tal razón la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y control de las actividades encaminadas a la elaboración, de la Cartografía Nacional, el Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del País, y el uso de toda técnica Geoespacial en función de descubrir y/o validar procesos que se puedan emplear o implementar al unisono en el contexto nacional, regional o internacional.

El proceso de selección de las temáticas en esta publicación, nos ha permitido apuntalar a través de VINCULACIÓN y DESARROLLO, las relaciones entre diversas Universidades, Organizaciones e Instituciones, con quienes en conjunto utilizamos la ciencia y la tecnología, en beneficio siempre de conseguir un mejor mundo para vivir.

Por lo que antecede, los contenidos, de la presente edición, manifiestan variedad en cuanto al enfoque teórico y práctico, proporcionando descripciones resumidas de estudios y aplicaciones técnico-científicas, que construyen hipótesis sólidas validadas metodológicamente en la práctica diaria que realiza nuestra Institución.

El INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR se destaca en el ámbito de las geociencias, gracias al perseverante trabajo que viene desplegando, constituyendo así un soporte en el proceso de toma de decisiones y en la construcción efectiva de la Sociedad del Buen Vivir.



*"Unidos por la ciencia y el espíritu para el progreso del Ecuador"*

Coronel de E.M.C  
ING. WILLIAM ROBERTO ARAGÓN CEVALLOS  
DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

---

# Presentación

---

Uno de los propósitos de la revista Geociencias & Geodatos del Instituto Geográfico Militar de Ecuador (I.G.M.) es la publicación y divulgación orientada a la comunidad científica y universitaria, en temas relacionados con las áreas de la Geociencia (Cartografía, Geodesia, Geografía y Geomática (Teledetección, SIG, GNSS)).

El I.G.M. a lo largo de su trayectoria ha cumplido con su misión de gestionar y ejecutar las actividades de investigación, desarrollo e innovación, generación y control de geoinformación, vinculación y transferencia (conocimiento/tecnología), enfocadas en la Defensa, Seguridad, Desarrollo Nacional y apoyo a la Gestión de Riesgos; para lo cual se ha vinculado con entidades nacionales, regionales e internacionales.

Esta edición busca generar una ventana a los investigadores y técnicos para que sus trabajos constituyan un aporte a la comunidad científica y público en general; por lo que invitamos a que nos remitan sus trabajos, reportes y revisiones relacionadas a las temáticas antes mencionadas y con esto, fortalecer una conciencia crítica fundamental para la generación de nuevo conocimiento.

**Comité Editorial**





# Contenido

---

<b>APLICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES EN PROCESOS FÍSICO – URBANOS. CASO DE ESTUDIO: CRECIMIENTO URBANÍSTICO DE QUITO (ECUADOR) AÑO 1991 A 2000.</b> <i>León, Fernanda</i>	<b>1</b>
<b>INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA ESPECIALIZADA AL SERVICIO DE LAS OPERACIONES AERONÁUTICAS MILITARES.</b> <i>Cuesta Molestina Rosa</i>	<b>7</b>
<b>ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS SUPERFICIALES EN EL ECUADOR MEDIANTE OBSERVACIONES GPS.</b> <i>Pilapanta, Christian; Romero, Ricardo &amp; Porras, Luis</i>	<b>13</b>
<b>CATÁLOGO DE OBJETOS 1: 1 000 PARA CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES</b> <i>Santamaría, Fabián; Caizaluisa, Alicia &amp; Cando Alejandra</i>	<b>20</b>
<b>EVALUACIÓN DEL FENÓMENO DE EL NIÑO, PERÍODO 2015-2016</b> <i>Dávila, Álvaro &amp; Fierro, Diana</i>	<b>23</b>
<b>TÉCNICA DE LEVANTAMIENTO CARTOGRÁFICO ALTERNATIVO PARA LUGARES CON ESCASO ACCESO</b> <i>Erazo, Catalina</i>	<b>38</b>
<b>GEODATOS Y SERVICIOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS: ESTUDIO COMPARATIVO.</b> <i>Pástor Paz, Jacob</i>	<b>49</b>
<b>GEOINFORMACIÓN AL ALCANCE DE TODOS, UN PROPÓSITO INSTITUCIONAL</b> <i>Villagómez, Martha</i>	<b>54</b>
<b>LA INGENIERÍA DE SOFTWARE EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL</b> <i>Campaña, Robinson; Cevallos, Henry; Encalada, German &amp; Murillo, Jimmy</i>	<b>60</b>
<b>DEFINICIÓN DEL PROCESO DE FISCALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES URBANOS ESCALA 1:1.000.</b> <i>Narváez, Rocío</i>	<b>66</b>
<b>MAPA PRELIMINAR DE LAS PERTURBACIONES DE GRAVEDAD PARA EL ECUADOR CONTINENTAL</b> <i>Barahona, Christian &amp; Tierra, Alfonso</i>	<b>71</b>
<b>LA PARTICIPACIÓN DEL IGM EN EL Ejercicio ESTRATÉGICO DE GESTIÓN DE RIESGOS</b> <i>Delgado, Rafael &amp; Guerrón, Paulina</i>	<b>77</b>

REVISTA

# GEO & CIENCIAS DATOS

INSTITUTO • GEOGRÁFICO • MILITAR



## APLICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES EN PROCESOS FÍSICO – URBANOS. CASO DE ESTUDIO: CRECIMIENTO URBANÍSTICO DE QUITO (ECUADOR) AÑO 1991 A 2000

León, Fernanda

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: fernanda.leon@mail.igm.gob.ec • Telf: (593) 3975100 • Ext.: 2110

### Resumen

A nivel mundial, el crecimiento poblacional y los procesos migratorios internos y externos son transformaciones que requieren de especial atención. Las consecuencias de estos procesos, son investigados desde el punto de vista social, ambiental, económico, geográfico, entre otros y son fundamentales para la toma de decisiones en la gestión del territorio.

En los últimos años, la consolidación de la teledetección o percepción remota, ha impulsado la realización de investigaciones para evaluar los procesos físico-urbanos, entendiéndose estos como el estudio de la organización espacial de ciudades, donde y porqué se generan procesos urbanísticos y sus consecuencias. Además, estos procesos varían dependiendo de las características de la zona en estudio. El presente trabajo tiene como finalidad el análisis espacial y multitemporal para determinar el crecimiento de la ciudad de Quito mediante el uso de imágenes satelitales (Landsat 5 TM) en el período 1991 – 2000. El estudio se apoya en el uso de software libre, Qgis, con el que se han aplicado específicamente dos técnicas importantes: la Clasificación Supervisada y el cálculo del Índice de Área Construida (Built-up index) –BU–.

### Palabras clave

Crecimiento urbanístico, Teledetección, Índice de área construida, BU, Clasificación supervisada.

### Abstract

*Globally, population growth and internal/external migration processes are transformations that require special attention. The consequences of these processes are investigated from the point of social, environmental, economic, geographical, between others, and are essential for making decision in land management.*

*In recent years, the consolidation of remote sensing, has prompted conducting research to assess the physical and urban processes, clearly referring to the study of the spatial organization of cities, where and why urban processes and their consequences. Furthermore, these processes had changed depending on the characteristics of the study area. This work is aimed at spatial and multi-temporal analysis to determine the growth of the city of Quito by using satellite imagery (Landsat 5 TM) in the period 1991 - 2000. The study is based on the use of free software Qgis, working two major techniques: supervised classification and calculation of the Built-up index -BU-.*

### Keywords

*Urban Growth, Remote sensing, Built-up index, BU, Supervised Classification.*

## Introducción

Acorde a la tendencia internacional y a los avances tecnológicos, la percepción remota puede ser definida como la ciencia y arte de obtener información sobre objetos, áreas o fenómenos por medio del análisis de datos adquiridos por dispositivos que no están en contacto físico con estos. Estos dispositivos han evolucionado en los últimos tiempos y en la actualidad existen sensores digitales aerotransportados que tienen capacidad de adquisición de imágenes en varios rangos del espectro electromagnético donde se obtienen imágenes con tamaños de alta resolución en varios rangos del espectro electromagnético. Esto está permitiendo la realización de trabajos científicos y cartográficos a varias escalas en casi todo el globo terráqueo, sobre temas como el uso del suelo en zonas urbanas y rurales, cambios geomorfológicos, isla de calor, entre otros (García Rodríguez y Pérez Gonzáles, 2010).

Una parte de estos estudios se centran en el análisis de los procesos físico-urbanos, los cuales han despertado gran interés entre los investigadores debido a las consecuencias sociales, humanas, económicas y políticas asociadas. Según Bhatta (2010), entender el comportamiento de los patrones urbanos, los procesos dinámicos y sus relaciones ayuda a conocer el desarrollo y realizar una planificación de áreas urbanas futuras lo que generará ciudades más equitativas y sostenibles. En consecuencia, determinar estos procesos genera importantes intereses económicos, políticos ya que se convierten en insumos para la planificación y toma de decisiones a varios niveles.

En Ecuador, estos estudios no son la excepción y el crecimiento urbano de una ciudad a través de los años es un fenómeno que merece ser examinado. La ciudad de Quito, ubicada en el centro norte del país, en la provincia de Pichincha (región Sierra), es la capital más antigua de América del Sur. Tiene una extensión aproximada de 150 Km<sup>2</sup> y una altura media de 2.800 m, con una topografía montañosa propia de la Cordillera de los Andes. Se extiende a lo largo de las faldas del volcán Ruco Pichincha, que actúa como barrera natural para el estancamiento de nubes, durante la mayor parte del año.

Actualmente tiene una población aproximada de 2'200.000 habitantes, lo que la convierte en la segunda ciudad más poblada del país, debido en parte a sus altos índices de inmigración interna, fijada en una tasa del 35%, una tasa del 5% de inmigración extranjera y al crecimiento propio de la población que en los últimos 30 años se ha duplicado (INEC, 2010). A consecuencia de esto, Quito ha crecido de manera apresurada en las últimas décadas, elevando los índices de ocupación del suelo y demandando incluso reformas a la normativa municipal; se ha generado un crecimiento urbano acelerado con una alta demanda

por vivienda, sea para adquisición o renta, lo que ha impulsado el desarrollo del sector inmobiliario. Es importante acotar que, ha este fenómeno se suman las limitaciones geográficas existentes para crecer al este y oeste quedando el norte y el sur de la ciudad como la única opción.

Con el objetivo de visualizar numérica y geográficamente la evolución de las zonas más densificadas, las áreas que presentan procesos de consolidación y los nuevos asentamientos, en este artículo se ha realizado un análisis espacial a partir de imágenes satelitales Landsat 5 TM dispuestas por el Servicio Geológico de Estados Unidos -USGS- en su página web <http://glovis.usgs.gov/> de los años 1991 – 2000. Para la determinación del límite urbano de Quito, se ha tomado como referencia la División Político Administrativa publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador -INEC- en su página oficial <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/category/cartografia-2/>.

El presente documento cuenta entonces, con una primera parte donde se detallan las metodologías seleccionadas y sus principios básicos; en una segunda parte tenemos una descripción de los resultados obtenidos y en la parte final contamos con conclusiones del estudio.

## Metodología

Para el estudio del crecimiento urbano del espacio delimitado por la zona consolidada de Quito, se han utilizado dos procesos técnicos: 1) Clasificación supervisada -CS- y 2) el Cálculo del Índice de Área Construida -BU-. Para su obtención se ha utilizado el software QGIS (<http://www.qgis.org>) que es un sistema de información geográfica libre y de código abierto en su versión 2.8.3 y su módulo *Semi-Automatic Classification Plugin* versión 4.7.17 creado por Luca Congedo y publicado en septiembre de 2015.

Las imágenes seleccionadas de los años 1991 y 2000 pertenecen al Path 010 y Row 060 que cubren el área requerida tomadas en el mes de octubre alrededor de las 15h00. Tienen calibración radiométrica y geométrica previa. Para la corrección atmosférica se aplicó un método de sustracción de objetos oscuros, utilizando para ello la ecuación (1) (Picone, 2015); se descartó la Banda 6 que corresponde a la banda térmica para este procedimiento.

$$\rho_k = \frac{D\pi(L_{sen,k} - L_{a,k})}{E_{0,k} \cos\theta_i \tau_{k,i}} \quad 1)$$

Donde D es el factor corrector de la distancia Tierra-Sol,  $L_{sen,k}$  corresponde a la radiancia espectral recibida por el sensor en la banda k,  $L_{a,k}$  es la radiancia atmosférica debida a la dispersión y se estimaría a

partir del valor mínimo o de un objeto de reflectividad nula,  $E_{o,k}$  es la irradiancia solar en el techo de la atmósfera (para esa banda del espectro),  $\theta_i$  es el ángulo cenital del flujo incidente y  $T_{K, i}$  es la transmisividad atmosférica que afecta al rayo incidente.

A continuación se proceden con las técnicas seleccionadas:

**1) Clasificación Supervisada**

Esta técnica de clasificación de imágenes satelitales requiere la captura manual de “clases” que representan a cada uno de los posibles temas objeto de estudio en las imágenes, lo que requiere que el experto sea capaz de capturar y reconocer patrones e identifique píxeles que determinen dichas clases o áreas de entrenamiento (Chuvieco, 1984), para su posterior aplicación en el proceso sistemático en el software escogido.

Existen varios métodos para ejecutar este proceso, siendo uno de los más utilizados el denominado: *Máxima probabilidad (maximun likelihood)* en el que se usa un algoritmo paramétrico que asume una distribución estadística particular para las clases consideradas; comúnmente se usa la distribución Gaussiana para formular las reglas de decisión en la categorización de los píxeles. La fórmula de probabilidad generalmente usada, está relacionada por el teorema de Bayes (Bense, 2007), ver ecuación 2:

$$f_i(x) = -ln \left| \sum_i \right| - (x - m_i)^2 \sum_i^{-1} (x - m_i) \quad 2)$$

Donde a cada píxel desconocido se le asigna una clase, de acuerdo a un criterio Gaussiano de probabilidad, midiendo la probabilidad de que un píxel esté contenido en alguna de las clases, una para cada clase espectral.

Para realizar la Clasificación Supervisada, como se cita anteriormente, se trabajó con la ayuda del plugin Semi-Automatic Classification (SCP) del software QGIS; donde a través de la creación de un archivo vector tipo *shape* se crean polígonos de las áreas de entrenamiento de cada clase visual que se identifica, para luego pedir a la aplicación que realice la clasificación constituida en toda la imagen.

Para el desarrollo de esta técnica en la presente investigación, se realizaron básicamente cuatro etapas:

(a) Selección de las clases de entrenamiento, según el criterio y conocimiento del área.

(b) Evaluación de las clases de entrenamiento, para lo cual se realizó una verificación parcial en campo y se complementó con el uso de otros recursos de información como mapas temáticos y ortofotografías de las épocas seleccionadas.

(c) Determinación de las clases definitivas.

(d) Clasificación de las dos imágenes seleccionadas con las áreas de entrenamiento definitivas.

**2) Cálculo del índice de área construida –BU– (Build-Up Index)**

El índice BU (He *et al.*, 2010) permite analizar el área construida de una determinada zona. El mismo utiliza como datos de entrada el -NDVI- Índice de Vegetación Estandarizado y el -NDBI- Índice de Áreas Construidas Estandarizado. El primero de ellos determina la cantidad y la calidad de la vegetación.

La estimación del índice BU se basa en el cálculo aritmético de tres bandas de las imágenes satelitales escogidas: Rojo (R), Infrarrojo Cercano (NIR), Infrarrojo Medio (MIR), a través de la diferencia (Ver ecuación 3) entre el -NDBI- y el -NDVI-. (Varshney & Rajesh, 2014). Dando como resultado un mapa continuo de áreas construidas en el que se representan las distintas proporciones de edificación y vegetación en cada píxel. Es decir, a mayor valor de índice la construcción es más densa y posee menor proporción de área verde.

$$BU = NDBI - NDVI \quad 3)$$

En donde para calcular los índices, se debe considerar que las imágenes a ser utilizadas son Landsat 5, entonces:

- *NDVI*, este índice determina la cantidad y la calidad de la vegetación. Utiliza las porciones del espectro correspondientes al infrarrojo cercano (NIR) y al rojo (R); donde en Landsat 5 la banda 4 = NIR y la banda 3 = R. (Ver ecuación 4).

- *NDBI*, índice que establece las áreas construidas según la proporción de construcción en cada píxel. Utiliza las porciones del espectro correspondientes al infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo medio (MIR). En las imágenes tratadas corresponde a la banda 5=MIR y banda 4= NIR. (Ver ecuación 5).

$$NDBI = \frac{(MIR - NIR)}{(MIR + NIR)} \quad 4)$$

## Resultados

Las clases de entrenamiento generadas para la ejecución del método de Clasificación Supervisada y las áreas que resultan del índice de Área Construida -BU- son equivalentes para el presente análisis, según se muestra en la Tabla 1.

cimiento urbano, justificado por el cambio en la ocupación del suelo.

- En el cálculo del Índice de área construida -BU- (Build-up Index)

Analizando visualmente y de manera cualitativa

Tabla 1. Equivalencia de las clases para los métodos de Clasificación Supervisada e índice BU.

ÁREA DE ENTRENAMIENTO CLASIFICACIÓN SUPERVISADA	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN ÍNDICE DE ÁREA CONSTRUIDA
Consolidado histórico	Grupo especial para identificar edificaciones consolidadas del centro histórico	Altamente construido
Consolidado muy denso 1	Áreas altamente consolidadas (urbano)	
Consolidado muy denso 2	Áreas altamente consolidadas (periferias)	
Semi consolidado	Áreas medianamente consolidadas	Medianamente construido
En expansión	Áreas poco consolidadas	Construcción
Área verde	Área verde, parques	Poca construcción
Bosque	Bosque	Sin construcción
Cultivos	Cultivos encontrados en las periferias de Quito	
Pastos	Pastos	

Fuente: Instituto Geográfico Militar (2015).

- En el método de Clasificación supervisada se obtienen los siguientes resultados:

Para una mejor comprensión, se agrupan las clases que comparten características similares, pudiendo obtener como resultado el área en metros cuadrados de cada una de estas, ver Tabla 2.

Si comparamos los resultados obtenidos entre el año 1991 y 2000, encontramos un incremento en el área urbana consolidada de un 10% y en lo que respecta a las áreas semi-consolidada y en expansión de un 38%. Estas áreas de expansión pueden ser fácilmente identificables en las zonas norte y sur de la ciudad así como en el lado oriental, pero en menor extensión (Ver Figura 1).

A diferencia de lo sucedido con las áreas urbanas, las zonas de bosque, pastos y cultivos se han visto disminuidos en la misma extensión del cre-

los resultados obtenidos con el índice BU en las imágenes de 1991 y 2000; se puede determinar un incremento considerable de zonas en "construcción", pues lo que antes (año 1991) era vegetación luego (año 2000) se encuentran medianamente construido y la vegetación ha dado paso a sitios construidos mediana o altamente. Esta expansión se evidencia principalmente en el sur de la ciudad y al oeste que es conocido como los Valles de Quito, lugares que han sido refugio de los habitantes de esta ciudad y donde se han incrementado proyectos inmobiliarios en las últimas décadas. (Ver Figura 2).

Se presenta a continuación, un cuadro resumen (ver Tabla 3) con las áreas por año del Índice de Área Construida, donde se evidencia el incremento en áreas "altamente construidas" fue de un 11.5%, mientras que en áreas "medianamente construidas y en construcción" el incremento sobrepasó el 41%;

Tabla 2. Áreas en m<sup>2</sup> obtenidas de la Clasificación Supervisada de Quito (1991 - 2000).

NO.	TIPO DE ÁREA	ÁREA AÑO 1991 (m <sup>2</sup> )	ÁREA AÑO 2000 (m <sup>2</sup> )
1	Área consolidada	45988185,19	50900968,44
2	Semi-consolidada y en expansión	13008577,68	18000526,81
3	Bosque	3708900,26	3507588,69
4	Pastos y cultivos	86527168,21	73485737,4

Fuente: Instituto Geográfico Militar (2015).



Figura 1. Crecimiento urbano según una Clasificación Supervisada de Quito (1991 - 2000)  
Fuente: Instituto Geográfico Militar (2015).

y con una reducción de cerca del 12.5% en áreas “sin construcción y poca construcción.”

### Conclusiones

En el uso de imágenes satelitales para estudios multi-temporales, es importante considerar la fecha de toma de la imagen, por las condiciones climáticas del lugar y los cambios físicos que pueden generar diferencias significativas en la resolución espectral. Esta condición para la ciudad de Quito por sus características topográficas y climáticas, ha sido muy difícil de cumplir por la poca disponibilidad de imágenes sin cobertura de nubes y que cumpla con las características técnicas mínimas requeridas. En cuanto a la he-

rramienta utilizada, QGis presenta un ambiente muy amigable para el trabajo con imágenes satelitales por la variedad de módulos desarrollados en código abierto y de manejo sencillo; en el presente trabajo las herramientas seleccionadas cumplieron con las expectativas requeridas.

Para la aplicación del método de Clasificación Supervisada se sugiere que el técnico encargado de su ejecución, conozca el área de estudio para una correcta determinación de las clases de interés o en su defecto se cuente con métodos alternativos eficientes para su verificación; para el caso de Quito, se contó con ortofotografías de los años en estudio. Uno de los principales aprendizajes en las zonas consolidadas, fue el tratamiento especial que se debió dar a las áreas



Figura 2. Crecimiento urbano según el Índice BU de Quito (1991 - 2000)  
Fuente: Instituto Geográfico Militar (2015).

Tabla 3. Áreas en m<sup>2</sup> obtenidas del Índice BU de Quito (1991 - 2000).

NO.	TIPO DE ÁREA	ÁREA AÑO 1991 (m <sup>2</sup> )	ÁREA AÑO 2000 (m <sup>2</sup> )
1	Altamente construido	46125636,59	51397935,21
2	Medianamente construido y Construcción	14264879,31	20124526,81
3	Poca construcción y Sin construcción	88842315,44	77710369,32

Fuente: Instituto Geográfico Militar (2015).

con edificaciones con cubierta de teja, encontrados en la zona del Centro Histórico de la ciudad, consideración que hizo que los resultados estén más coherentes con la realidad.

La aplicación del Índice de área construida -BU- despertó mucho interés entre los técnicos, pues es un método interesante por los principios que se emplean y si las imágenes cumplen con las condiciones mínimas requeridas se pueden obtener resultados con alta confiabilidad. Es un método práctico que puede ser utilizado en áreas de estudio no conocidas.

Los resultados cuantitativos de las dos técnicas utilizadas, muestran valores similares dando como promedio un incremento de la expansión urbana de Quito de aproximadamente el 11% en las áreas muy consolidadas y un 39% en áreas de expansión, en los 9 años analizados. Consecuentemente se presenta una disminución lógica de áreas verdes, cultivos, bosques de cerca del 15%.

### Agradecimientos

El presente artículo, se basa en lo aprendido en la asignatura "Imágenes Satelitales aplicadas a procesos Físico-Urbanos" cursada en octubre de 2015 en la Universidad Nacional del Sur – Argentina en el marco del Programa de Doctorado en Geografía, impartido por las Doctoras Alicia Campo y Natasha Picone.

El trabajo fue ejecutado en colaboración de la PhD(c) Rocío Narváez, a quien le merezco un agradecimiento especial por su apoyo y conocimientos compartidos.

### Referencias

- BHATTA, B. (2010) "Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data". Editorial Springer. 172 pp.
- BENSE, TOMAS. (2007). "Sextas Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ámbito del Mercosur". [En línea]. <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/maximum-likelihood.htm>. [01 de diciembre de 2015].
- CAMPO, ALICIA & PICONE, NATASHA. (2015) "Material de curso de posgrado: Imágenes Satelitales aplicadas a procesos Físico – Urbanos".
- CENSO 2010. (2010) "Mapas temáticos del Censo 2010 de Ecuador". [En línea]. [http://www.inec.gob.ec/sitio\\_carto/](http://www.inec.gob.ec/sitio_carto/). [30 de noviembre de 2015].
- CHUVIECO, E. (1984). "Aportaciones de la Teledetección espacial a la cartografía de ocupación del suelo". *Anales de la Geografía, Universidad Complutense*, num. 5. Madrid. Pp. 29 - 48.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, M. P. & PÉREZ GONZÁLEZ, M. E. (2010) "Aplicaciones de la teledetección en geografía física en la Universidad Complutense de Madrid" en *Serie Geográfica*, 16. pp. 9 - 18.
- HE, C., SHI, P., XIE, D. & ZHAO, Y. (2010) "Im-

proving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using semiautomatic segmentation approach" en *Remote Sensing Letters*, 1:4. pp 213 - 221.

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS -INEC-. Página oficial de estadísticas del Ecuador. [En línea]. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>. [25 de noviembre de 2015].
- PICONE, NATASHA. (2015). "Aplicaciones de la Teledetección para mejorar la Regulación Térmica al Interior de las Ciudades: El Caso de la Ciudad de Tandil. pp. 1-9.
- PICONE, Natasha & LINARES, Santiago. (2014) "Propuesta metodológica para la extracción y análisis de densidades urbanas mediante teledetección y SIG. Caso de estudio: ciudad de Tandil, Argentina." *Rev. Univ. geogr.* vol.23, n.2. pp. 77-96 [En línea]. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-42652014000200002&lng=es&nr\\_m=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652014000200002&lng=es&nr_m=iso) [05 de febrero de 2016]. ISSN 1852-4265.
- MUNICIPIO DE QUITO. (2009). "Características de la Ciudad de Quito".
- MELERO, Estrella. Taller tutorial de QGIS. [En línea]. [http://www.un-spider.org/sites/default/files/Tutorial\\_QGIS\\_EIGEO\\_Mayo2014.pdf](http://www.un-spider.org/sites/default/files/Tutorial_QGIS_EIGEO_Mayo2014.pdf). [01 de diciembre de 2015].
- VARSHNEY, AVNISH & RAJESH, EDIDA. (2014). "A Comparative Study of Built-up Index Approaches for Automated Extraction of Built-up Regions From Remote Sensing Data". *Indian Society of Remote Sensing*. DOI 10.1007/s12524-013-0333-9. Volumen 42, Issue 3, pp 659-663 [05 de febrero de 2016].



## INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA ESPECIALIZADA AL SERVICIO DE LAS OPERACIONES AERONÁUTICAS MILITARES

**Cuesta Molestina Rosa**

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: [rosa.cuesta@mail.igm.gob.ec](mailto:rosa.cuesta@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext: 2110

### Resumen

La información cartográfica es sin duda alguna una herramienta eficaz para todo proceso de planificación territorial y toma de decisiones, el contar con información cartográfica actualizada es sustancial para conseguir los objetivos programados al momento de plantear las actividades a desarrollar. En este sentido, dentro de la planificación de actividades en el ámbito militar es de suma importancia la información cartográfica, no solo como herramienta para el conocimiento del territorio a intervenir sino fundamentalmente como elemento base para la organización de las operaciones a realizar sobre un espacio determinado.

El Instituto Geográfico Militar consciente de esta necesidad, ha desarrollado un sin número de productos geográficos-cartográficos tanto impresos como digitales así como servicios especializados en la distribución de información cartográfica a través de plataformas informáticas. La **“Carta militar de vuelo visual para helicópteros”** escala 1:500 000, desarrollado en coordinación con la Aviación del Ejército Ecuatoriano, permite conjugar esfuerzos técnicos con un único fin, el contar con información cartográfica especializada, actualizada y validada que servirá para aumentar los estándares de seguridad en las operaciones aéreas de vuelo visual de helicópteros militares.

**Palabras claves:** Cartografía especializada, operaciones militares, información aeronáutica.

### Abstract

*The map information is certainly an effective tool for any process of territorial planning and decision making, to maintain the updated cartographic information is basically to achieve the goals planning inside the activities to develop.*

*According to this, inside the planning of military activities is very important the map information, not only as a tool for knowledge of the area to intervene but mainly as a basic element for the organization of the operations to be performed on a defined space.*

*The Military Geographical Institute aware of this need, has developed a number of print and digital geographic-cartographic products, also has specialized in the distribution of cartographic information across computing platforms services.*

*An example about this work is the issue of “Military Charter of visual flight for helicopters” scale 1:500 000, developed in coordination with the Ecuadorian Army Aviation, this project allowed to combine technical efforts with a single purpose, have specialized, updated and validated cartographic information that will serve to increase safety standards in air operations visual flight for military helicopters.*

**Keywords:** Specialized mapping, military operations, aeronautical information.

## Introducción

La Cartografía desde tiempos históricos ha sido la técnica de representación de la superficie terrestre, en la actualidad los avances tecnológicos han cobrado importancia en las tareas de planificación y conocimiento del medio que nos rodea. La Asociación Cartográfica Internacional (ICA por su acrónimo en inglés), define a la Cartografía como “el arte, ciencia y técnica de hacer mapas y el estudio de éstos como documentos científicos y obras de arte” (Albites, 2008). Esta acepción permite entender de mejor manera la importancia que en la actualidad tienen los mapas en todo tipo de actividad humana, múltiples son las aplicaciones cartográficas que se pueden generar hoy en día, desde la planificación de rutas de distribución de comida rápida hasta tareas muy complejas de ordenamiento territorial con fines de planificación y ocupación del suelo, concluyendo con la generación cartográfica apoyada en herramientas informáticas como los Sistemas de Información Geográfica o programas de diseño asistidos por computador lo que ha permitido abrir un abanico de nuevas formas de expresión cartográfica que van de la mano con la semiología gráfica.

La planificación de operaciones militares no ha quedado al margen de la necesidad de contar con información cartográfica actualizada, donde este tipo de requerimiento es constante y va de la mano en la necesidad de conocer con exactitud el territorio a intervenir cuando hablamos del despliegue de tropas, campañas de prevención y atención en caso de desastres naturales y maniobras de entrenamiento militar, entre otros muchos desplazamientos militares.

En este punto es esencial abrir un paréntesis e indicar que el Instituto Geográfico Militar, ha brindado constante apoyo al desarrollo de las operaciones militares, en cumplimiento de su misión y siempre apegado a la Ley de la Cartografía; es así que se han generado un sin número de documentos y aplicaciones geográficas – cartográficas tanto impresas como digitales, base fundamental para la planificación y ejecución de dichas operaciones.

## Antecedentes

Es necesario comprender que el desarrollo de actividades específicas para atender diversos eventos como la evacuación en casos de emergencia, operativos de vigilancia, entre otros, requieren del apoyo de cartografía especializada que contenga los elementos cartográficos y temáticos afines a la problemática a ser tratada, es sin duda alguna una herramienta eficaz para la organización de las actividades y para el conocimiento del medio en el cual se van a desarrollar las tareas programadas.

Teniendo en cuenta esta premisa y como ente rector de la producción cartográfica del país, el Instituto Geográfico Militar conjugando capacidades técnicas y tecnológicas, ha creado el espacio adecuado de trabajo colaborativo con las diferentes ramas de las Fuerzas Armadas, y se ha planificado el desarrollo de varios productos cuya finalidad es el apoyo a las operaciones militares en diferentes instancias.

El Instituto Geográfico Militar, en años anteriores ha trabajado de manera conjunta con la Dirección de Aviación Civil –DAC-, en la elaboración de Cartas Aeronáuticas del Ecuador a escalas 1:500 000 y 1:1 000 000 (IGM-DAC, 2011), información fundamental para las operaciones aéreas en el país, el cual requiere de un trabajo muy minucioso y de alta precisión.

Basados en estas experiencias técnicas y con información actualizada sobre esta temática y por pedido de la Brigada de Aviación del Ejército Nro. 15 “Paquisha”, en el mes de diciembre de 2015, el Instituto Geográfico Militar planificó la ejecución de la **Carta militar de vuelo visual para helicópteros, escala 1:500 000**, la cual abarca tópicos propios de la navegación visual para pilotos militares de la Aviación del Ejército Ecuatoriano.

Este trabajo pretende cubrir una necesidad urgente en lo referente a cartografía especializada para el apoyo en el vuelo visual de helicópteros militares, y será una herramienta importante en lo referente a dotar al personal técnico de la Aviación del Ejército de cartografía con información de primera mano, que posibilite planificar las rutas de vuelo, conocer los puntos obligatorios de notificación, rutas de paso entre la cordillera y la región costera y amazonia. Además, este conocimiento permitirá la planificación con las seguridades del caso en cuanto a rutas de vuelo y llegar al destino final en las mejores condiciones.

## Objetivo del trabajo

El objetivo principal del trabajo fue generar en formato impreso y digital la Carta militar de vuelo visual para helicópteros escala 1:500 000 con el propósito de aumentar los estándares de seguridad de las operaciones aéreas militares.

## Área de estudio

La Carta de vuelo está circunscrita a la parte continental del territorio ecuatoriano, con una representación que resalta elementos de altimetría (curvas de nivel, colores hipsométricos y puntos acotados), así como la infraestructura vial actualizada, centros poblados hasta jerarquía de recintos, red de energía eléctrica, línea de oleoducto, la red hidrográfica clasificada en ríos principales y secundarios, acompañada de toda la toponimia

considerada en función de la escala de representación escogida.

**Método de trabajo**

La base cartográfica utilizada fue el Mapa Geográfico del Ecuador escala 1:500 000, edición 2012 (Instituto Geográfico Militar, 2012), referido únicamente a la parte continental del Ecuador. Se procedió a realizar algunas adecuaciones como por ejemplo, el cambio de los valores de elevación de metros a pies y la inclusión de un mayor número de puntos acotados, información esencial para el vuelo de helicópteros; de igual forma se incluyó temática a fin a la aeronáutica bajo normas de la Organización Aeronáutica Civil Internacional -OACI-. Tanto la semiología gráfica (forma y color) como los textos de apoyo fueron estructurados de manera que se facilite la interpretación y lectura de la Carta de vuelo por parte de los usuarios finales de la misma.

Básicamente, el método de trabajo está sustentado en un proceso de compilación cartográfica, el cual consiste en reunir varias fuentes de material cartográfico para efectuar un nuevo mapa, dando como resultado un mapa derivado producto de la combinación de varias temática sobre una base cartográfica común.

Varios son los criterios que se deben considerar en las diferentes etapas que forman parte del proceso de compilación cartográfica (IGM, 2014), entre los principales mencionamos los siguientes:

**a) Selección**

Hace referencia a los criterios de selección y colocación de los detalles cartográficos, los cuales deben permitir no solo cumplir con especificaciones

de precisión sino que también se debe considerar que el mapa cumpla con su propósito.

**b) Características**

Considerando que los mapas son representaciones de la superficie terrestre, no todos los elementos pueden presentarse en su real magnitud, mucho tienen que ver la escala de trabajo, por lo tanto a escalas pequeñas se deben representar los elementos más significativos en función de la temática y propósito del mapa.

**c) La selección de características del terreno**

Este criterio se fundamenta básicamente en la experiencia en la edición cartográfica y en entender claramente la finalidad del mapa, pues la selección de las características del terreno a ser representadas deben brindar un equilibrio en cuanto a la distribución de elementos cartográficos principales y secundarios.

**d) Normas de precisión requeridas**

Se basan en normas ya establecidas y que guardan estrecha relación con la escala del trabajo.

Los criterios antes mencionados han sido extraídos del Manual de Especificaciones técnicas para el diseño y simbolización de mapas a escalas 1: 500 000, 1: 1 000 000, 1: 2 000 000, elaborado por el IGM en el año 2014 (IGM, 2014).

El método de trabajo se lo puede dividir en tres partes fundamentales: la primera que consistió en la recolección y tratamiento de la información a ser incluida en el mapa; una segunda que hace referencia a la selección de las formas de representación (semiología gráfica) y la tercera, la edición y diagramación

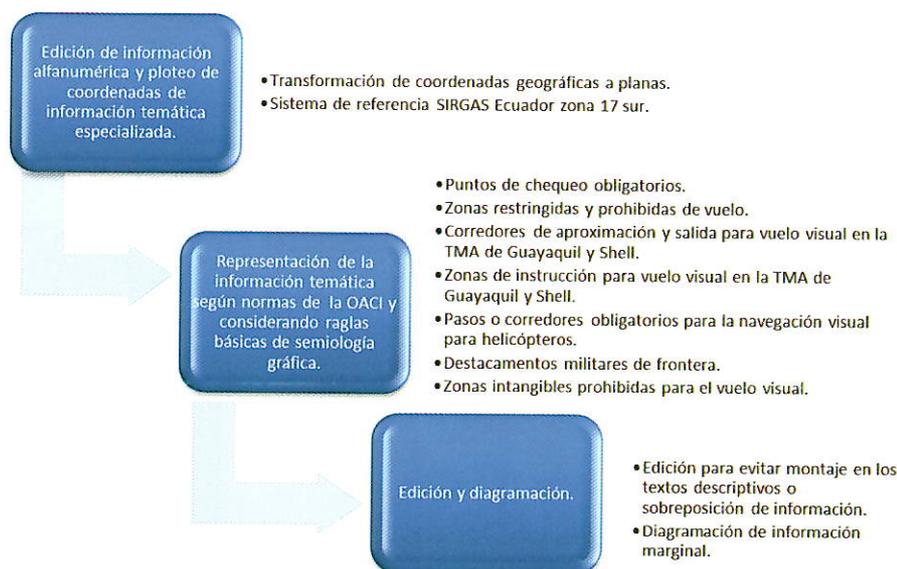


Figura 1. Esquema de las Etapas del Trabajo planteadas en la Investigación. Fuente: Instituto Geográfico Militar (2016).

del documento cartográfico, en el siguiente esquema se presenta a manera general las etapas del trabajo. (ver Figura 1).

Dos programas fueron utilizados para la ejecución del presente trabajo: el SIG ArcGis v.10.1 para el levantamiento de la información, transformaciones de coordenadas y correcciones topológicas y el programa de diseño gráfico Adobe Illustrator CS6 para la diagramación final. Una vez organizada la información te-

mática se obtuvo 8 nuevas capas de información a ser sobrepuestas en la base cartográfica (ver Figura 2 y 3).

**Resultados**

El trabajo conjunto entre el Instituto Geográfico Militar y la Aviación del Ejército Ecuatoriano a través de su delegado técnico el Mayo. Carlos Arellano Gallejos así como el uso de normas internacionales aeronáuticas y de manuales de simbolización cartográficas

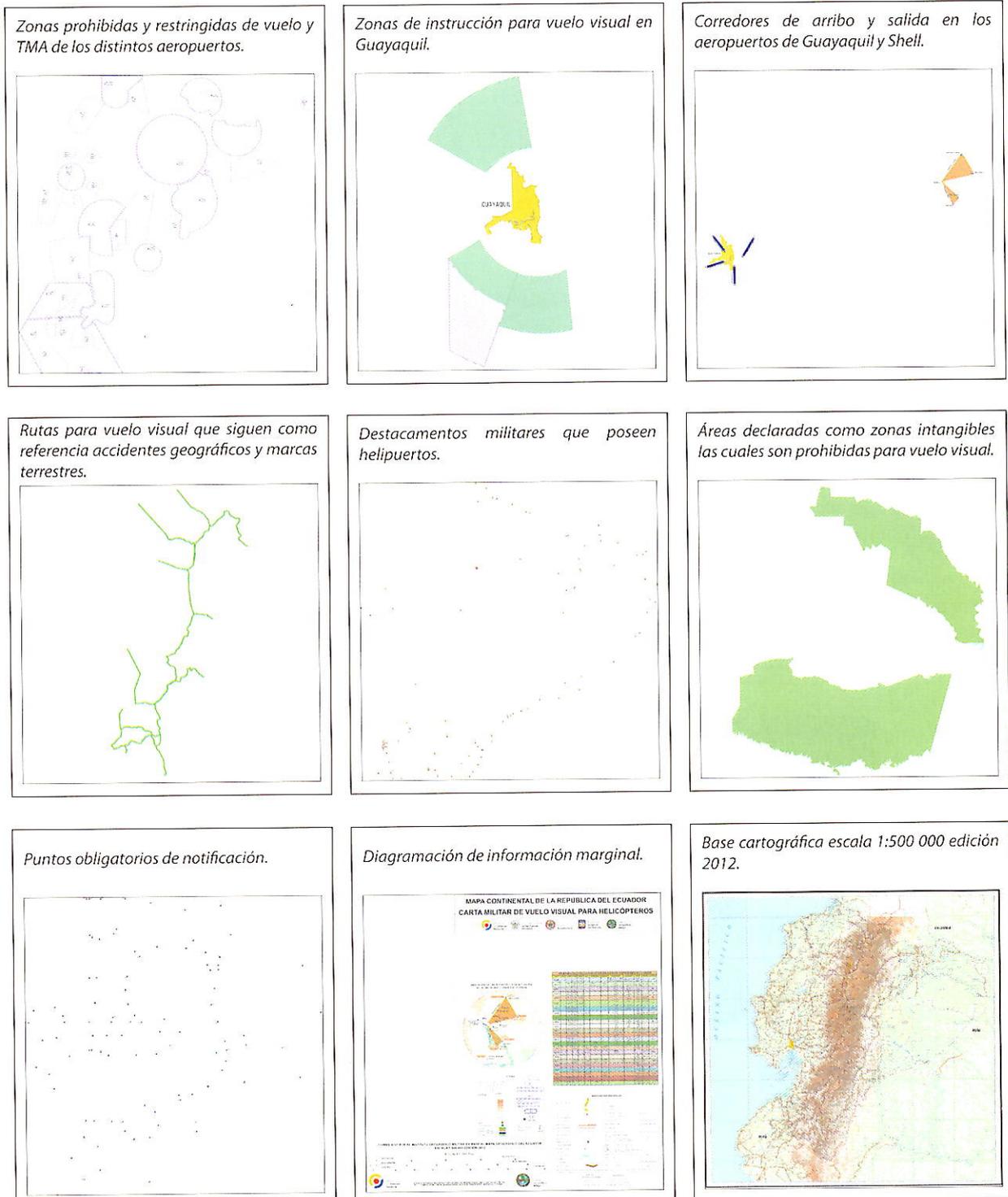


Figura 2. Elementos que integran la carta de vuelo visual para helicópteros. Fuente: Instituto Geográfico Militar (2016).

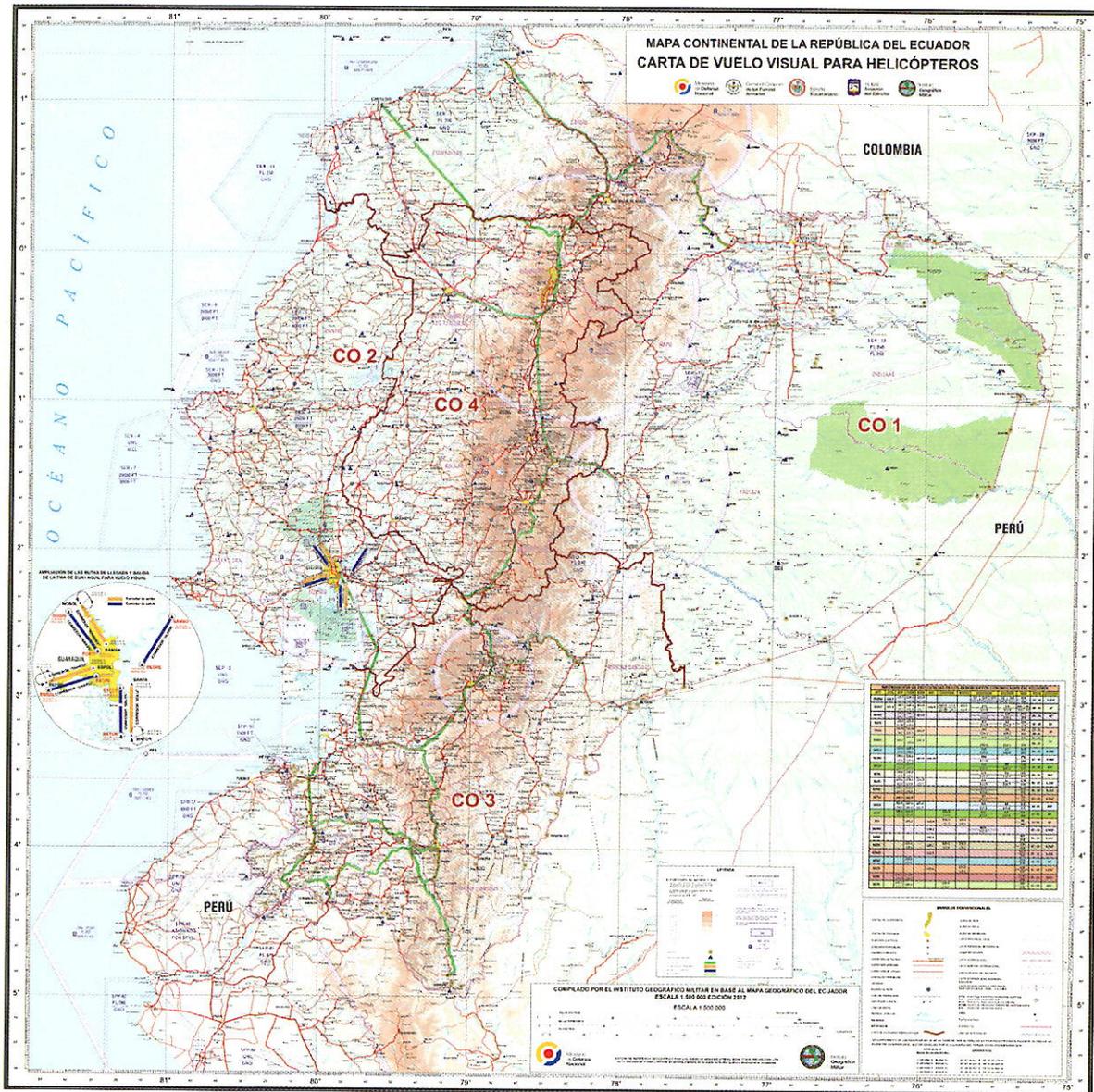


Figura 3. Carta militar de vuelo visual de helicópteros.  
Fuente: Instituto Geográfico Militar (2016).

acordes a la escala de trabajo (OACI, 2009; Instituto Geográfico Militar, 2014), permitieron que el producto final sea de fácil lectura y cumpla con todas las especificaciones acordes al propósito del mapa. Toda la información en el archivo base está organizada por capas lo que facilita el manejo de la misma.

Una vez realizada la revisión y validación final de la información temática, se concluyó el trabajo con: la generación de un archivo PDF (conserva la información por capas), el cual puede ser cargado en cualquier dispositivo electrónico para su uso. De igual forma se tiene la impresión a color del mapa completo que, por su escala, está dividido en franjas longitudinales de 160cm X 90cm cada una con 10cm de traslapo para facilitar su empalme. También se ha generado un archivo JPG (formato imagen) y el archivo propio de adobe extensión Ai.

## Conclusiones

- En este proyecto se ha puesto a prueba toda la capacidad técnica del Instituto Geográfico Militar, obteniéndose resultados muy positivos y siempre buscando cumplir con todas las normativas internacionales que se manejan dentro de este campo de aplicación.
- La experiencia y capacidad técnica del Instituto Geográfico Militar acompañada de las herramientas informáticas adecuadas, ha permitido la ejecución de este proyecto en las mejores condiciones y cumpliendo con los objetivos planteados en su totalidad.
- El trabajo colaborativo entre la Aviación del Ejército y el IGM, fue evidente a lo largo del desarrollo de la Carta Militar, lo que facilitó la integración de

información de base cartográfica con la temática aeronáutica por medio de un proceso de compilación cartográfica acorde a la escala de trabajo.

- El permanente apoyo del IGM en todo tipo de operaciones militares una vez más se hizo visible por medio de la generación de productos cartográficos especializados para el uso de personal militar, brindando de esta manera herramientas que ayuden al desarrollo de sus actividades en las mejores condiciones.

### Referencias Bibliográficas

- Albites, F. A. (2008). Apuntes de Cartografía. Aguascalientes: INEGI.
- Instituto Geográfico Militar (2016). Mapa Geográfico de la República del Ecuador. Quito. Ecuador
- Instituto Geográfico Militar (2014). Especificaciones técnicas para el diseño y simbolización de mapas a escala 1: 500 000 1:1 000 000 y 1:2 000 000. Quito: Ecuador.
- IGM-DAC. Carta Aeronáutica Mundial - OACI WAC 2951. Dirección de Aviación Civil, Quito.
- OACI. (2009). Cartas Aeronáuticas Anexo 4. Montreal Canadá.
- Oliveros, H. M. (2015). Cartografía Aeronáutica. Nueva Granada: Universidad Militar Nueva Granada.



## ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS SUPERFICIALES EN EL ECUADOR MEDIANTE OBSERVACIONES GPS

Pilapanta, Christian; Romero, Ricardo & Porras, Luis.

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: christian.pilapanta@mail.igm.gob.ec • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2401

Email: ricardo.romero@mail.igm.gob.ec • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2401

Email: luis.porras@mail.igm.gob.ec • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2401

### Resumen

El uso de los Sistemas Globales de Observación Terrestre como son, los Sistemas Globales de Navegación Satelital, se han constituido en las técnicas predilectas en el análisis de deformaciones y movimientos corticales, debido en gran medida, a que su implementación permite el monitoreo continuo de los procesos que se generan superficialmente y con ello el modelamiento tridimensional de la cinemática generada. Acorde a la especificidad del presente estudio, se utilizan datos sismológicos para determinar su influencia en la variabilidad posicional de las estaciones de monitoreo continuo, obteniendo el registro de los sismos producidos en el período de tiempo 2013-2014 para analizar ocurrencia, magnitud y ubicación. La estrategia de procesamiento establecida para la fase de ajuste y materialización de soluciones, permitirá generar coordenadas geocéntricas en el marco de referencia IGS08, con precisiones milimétricas a fin de evidenciar pequeños desplazamientos en las coordenadas de las estaciones. En base a los resultados del procesamiento de las estaciones de monitoreo continuo de precisión, se pudo evidenciar en la serie temporal una ligera variación de la coordenada en los días de mayor actividad sísmica. Esta diferencia se vio reflejada en 5 mm de la tendencia normal de la serie temporal, lo cual está dentro del rango de tolerancia para una coordenada de un marco de referencia.

**Palabras claves:** Desplazamientos superficiales, GPS, Procesamiento Geodésico, Marco de Referencia.

### Abstract

*The usage of Global Systems of Terrestrial Observation, such as Global Navigation Satellite Systems have established in preferred techniques for deformation analysis and cortical movements, largely supported in their implementation allows continuous monitoring of superficial phenomenons and thereby the kinematic tridimensional modeling generated. According with the particularity of the current research, it used seismological data to determine its influence over position variability of the continuous monitoring stations, obtaining the seismic historical between 2013 and 2014 with variables of occurrence, magnitude and location. The geodetic processing strategy established for adjustment and solution materialization will grant to generate geocentric coordinates within the reference frame IGS08 with millimeter accuracy. It demonstrates small displacements in coordinates. Based on processing outcomes, they made evident a slightly variation in time-series of coordinates in the days of higher seismic activity. The normal trend difference was 5mm in time-serie that is in the range of tolerance by a coordinate of a reference frame.*

**Key Words:** Displacements, GPS, Geodetic Processing, Reference Frame.

**Introducción**

En la actualidad y gracias al alto nivel de precisión de la tecnología de posicionamiento satelital, se han desarrollado estudios de observación, medición, pronóstico y predicción de eventos geodinámicos, atmosféricos, hidrológicos y astronómicos, entre los más relevantes, utilizando datos de observación de estaciones de monitoreo continuo por su gran resolución temporal.

La importancia de estudiar los eventos geodinámicos es para proveer coordenadas de alta precisión y mantener el marco de referencia geodésico estable a pesar de movimientos telúricos de distinta índole (Soller T. & Marshall J. 2003), es decir, el modelamiento de este fenómeno puede servir para la transformación de coordenadas de una estación GPS de monitoreo continuo recientemente instalada hacia el marco geodésico y época de referencia establecido en un país (Drewes, H & Heidbach O. 2012).

El primer estudio realizado sobre las velocidades de desplazamiento de placas a nivel de Sudamérica es el elaborado por Winter, T. en 1990 y en cuyo esquema es posible observar las velocidades promedio de cada una de las placas influyentes sobre el desplazamiento de América del Sur. En Ecuador, se han realizado estudios relacionados con la geodinámica de placas tectónicas, procesando observaciones GPS de puntos fiduciales estáticos, en donde se comprobó que el Ecuador continental tiene una deformación de hasta 20 mm/año dirección NE (Cisneros D. 2012).

Además se tiene constancia que los procesos geológicos del Ecuador se ven influenciados por la zona de subducción de la cordillera de Carnegie en las costas ecuatorianas y que a su vez, está directamente relacionada con la actividad volcánica y sísmológica de la cordillera occidental; con la presencia de la Megafalla de ruptura Dolores-Guayaquil, misma que divide en dos bloques al Ecuador continental con velocidades opuestas generando deformaciones de la corteza terrestre, que se evidencia en los valles interandinos. (Lavenu A. 2006).

El uso de la tecnología GPS para el estudio de eventos sísmicos ha demostrado que se puede evidenciar anomalías en la alta atmósfera en el contenido total de electrones (TEC), a fin de predecir la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud como fue el caso de Concepción Chile el 27 de febrero del 2010 (Báez J. 2011), Japón el 11 de marzo de 2011 (Simons R. 2014) y el más reciente en Nepal del 15 de abril del 2015 (GPS World. 2015).

Con base a esto se propone analizar en el procesamiento de datos GNSS, los períodos de mayor sismicidad en el Ecuador a fin de poder constatar la relación entre los desplazamientos superficiales ocurridos por un sismo con el desplazamiento de las coordenadas de las estaciones de monitoreo continuo y con ello definir las acciones para la solución del marco de referencia geodésico del Ecuador.

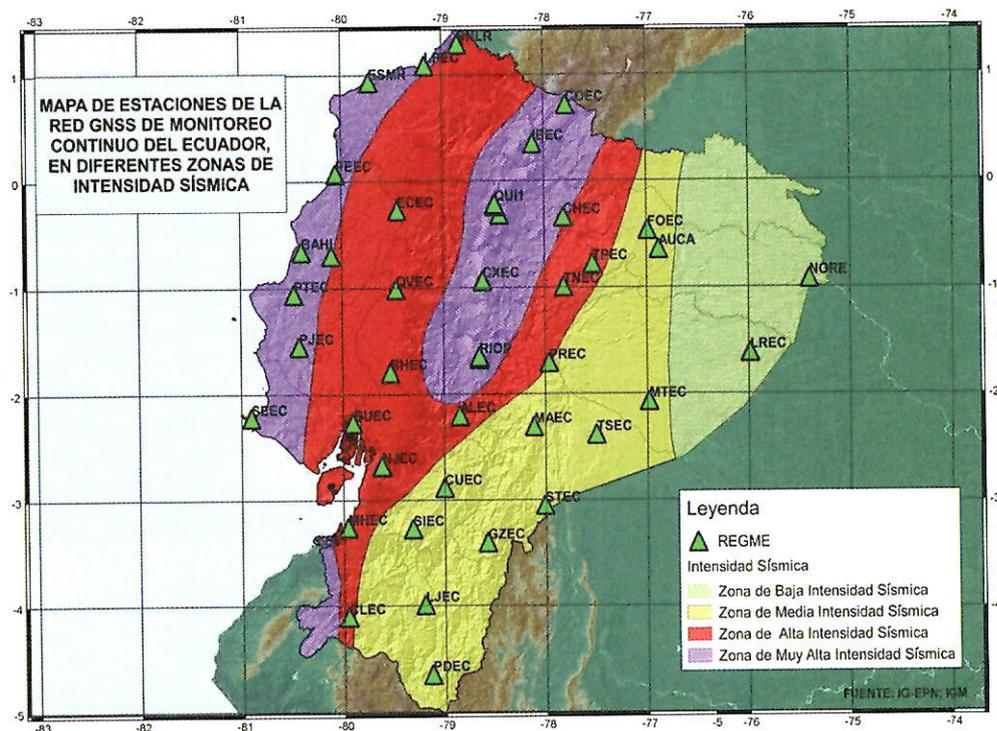


Figura 1. Mapa de Estaciones de la REGME en diferentes zonas de intensidad sísmica. Fuente: Instituto Geográfico Militar - Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. 2014.

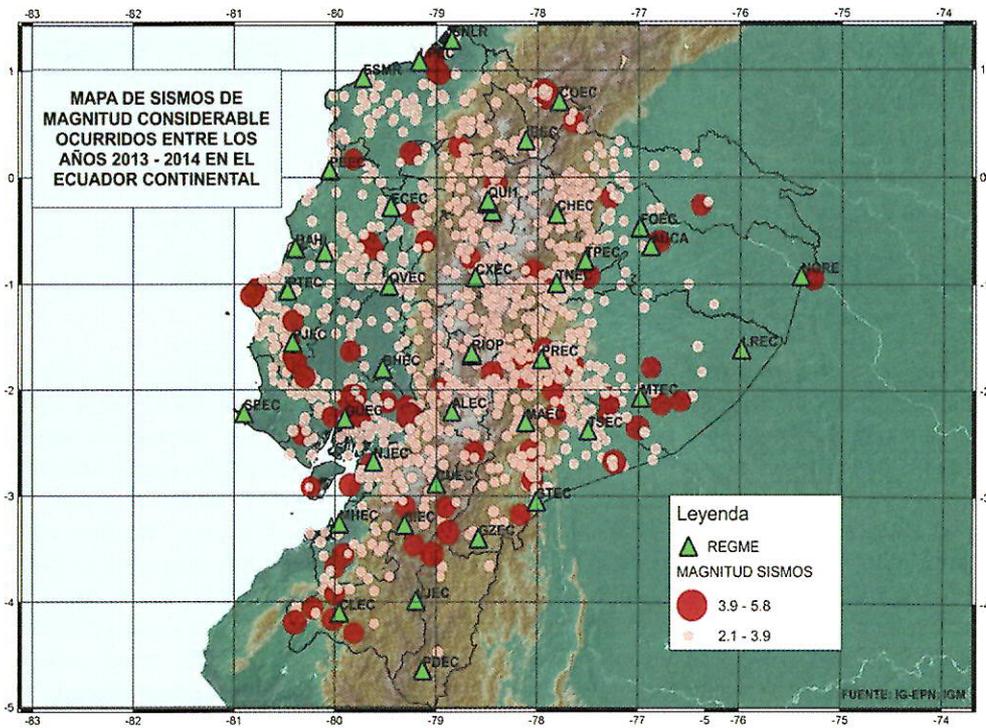


Figura 2. Mapa de sismos de magnitud considerable ocurridos entre los años 2013-2014 en el Ecuador continental. Fuente: Instituto Geográfico Militar - Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2014.

**Metodología**

**Caracterización sismológica de la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME)**

Las estaciones de monitoreo continuo fueron instaladas con la intención de ofrecer las facilidades necesarias para levantamientos georreferenciados, por lo que su ubicación depende del criterio de cobertura/aproximación a usuarios de posicionamiento satelital, criterio este, que ha permitido densificar y distribuir la REGME en forma homogénea.

En este sentido cabe mencionar que dicha dis-

tribución ha permitido tener aleatoriedad e incertidumbre en la correlación existente entre los procesos geodinámicos internos y la variabilidad de la posición de las estaciones. Como se observa en la figura 1, las estaciones de la REGME están distribuidas en zonas de diferente intensidad sísmica, coincidiendo en su mayoría las zonas de alta y muy alta intensidad sísmica, precisamente justificando lo mencionado acerca de la complejidad de los procesos geológicos - geodinámicos del Ecuador.

Adicionalmente y para contrastar la información de intensidad sísmica de la figura 1, fue necesario evaluar la periodicidad de ocurrencia de los sis-

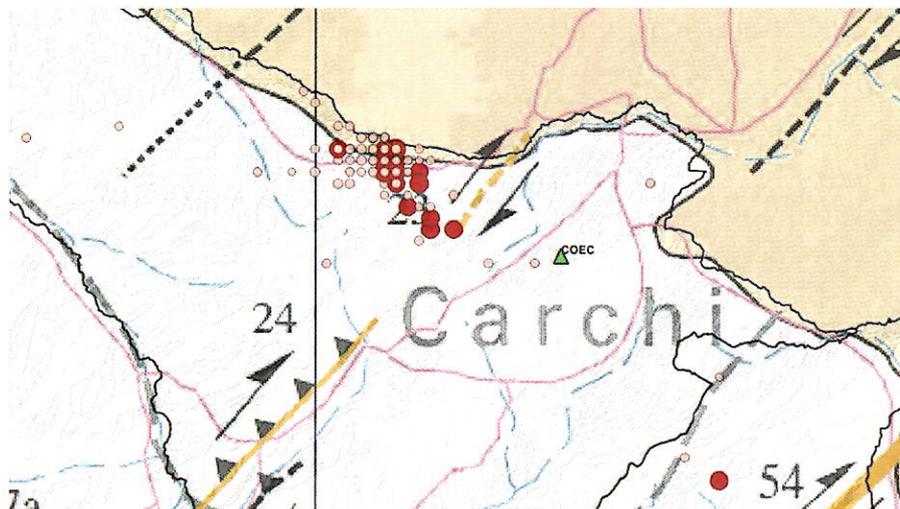


Figura 3. Sismos cercanos a la estación "COEC". Fuente: Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional - U.S. Geological Survey, 2003.

Tabla 1. Eventos sísmicos de mayor relevancia del año 2014 cercanos a la estación "COEC".

FECHA	MAGNITUD	SEMANA GPS	ÉPOCA REFERENCIA
2014/10/20	5,8	1815	2014,8
2014/04/30	4,9	1790	2014,3
2014/10/29	4,8	1816	2014,8
2014/10/21	4,7	1815	2014,8
2014/10/20	4,6	1815	2014,8

Fuente: Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. 2014

mos, información que fue recopilada de la base de datos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional entre los años 2013-2014, como se observa en la figura 2.

Como se observa en la figura 2, los sismos de magnitud entre 2.1 – 3.9, en la escala de Richter, y de mayor ocurrencia en el territorio continental, se presentan específicamente en las zonas de cordillera, callejón interandino, bloque costero de la zona de subducción. Una vez realizada la evaluación sísmica de la REGME se establecieron estaciones prioritarias en base a: zonas de actividad sísmica, susceptibilidad de movimientos de masas y cercanía a sismo de magnitud mayor a 4 grados en la escala de Richter. Bajo este criterio se seleccionó la estación de COEC (Cueva de

Osos) ubicada en la provincia de Carchi, en la reserva ecológica El Ángel, debido a que se encuentra a 13 Km aproximadamente de distancia del sismo de mayor magnitud registrado en el período indicado y con un valor de 5,8° en la escala de Richter y con 15 réplicas de menor intensidad. Este sismo se sintió en varias provincias del país en el mes de octubre de 2014, según información recopilada de la base de datos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, afectando a estructuras y edificaciones, pero sin pérdidas humanas. Se evaluó la variación posicional de la estación COEC para determinar los desplazamientos a causa de este fenómeno sísmico. En la figura 3 se observa la cercanía de la estación COEC a los sismos y de igual forma, en la tabla 1 se detallan los de mayor magnitud.

Tabla 2. Estaciones GNSS utilizadas en el estudio

ORD	SIGLAS	NOMBRE	PAÍS
1	ANTC	Antuco	Chile
2	BOGT	Bogotá	Colombia
3	BRAZ	Brasilia	Brasil
4	BRFT	Fortaleza	Brasil
5	BRMU	Bermuda	Reino Unido
6	CONZ	Concepción	Chile
7	CRO1	St. Croix	Estados Unidos
8	GOLD	Goldstone	Estados Unidos
9	ISPA	Isla de pascua	Chile
10	LPGS	La plata	Argentina
11	MANA	Managua	Nicaragua
12	MDO1	Mc Donald	Estados Unidos
13	OHI2	O' higgins	Antártida
14	PALM	Palmer	Antártida
15	PARC	Punta arenas	Chile
16	PIE1	Pietown	Estados Unidos
17	SANT	Santiago de Chile	Chile
18	SCUB	Santiago de Cuba	Cuba
19	UNAS	Salta	Argentina
20	VESL	Vesleskarvet	Antártida

Fuente: International GNSS Service (IGS). 2015

Tabla 3. Principales parámetros de procesamiento y modelos de corrección.

	PARÁMETROS	VALOR	DESCRIPCIÓN
<b>Control de Análisis</b>	Tipo de Análisis	1-ITER	Obtención de una solución preliminar y una solución final.
	Tipo de Observable	LC_AUTCLN	Uso de la combinación L3 para la determinación de ambigüedades.
	Tipo de Experimento	BASELINE	No incluye determinación de parámetros orbitales.
<b>Ponderación de Pesos</b>	Error de la Estación	ELEVATION 10.5.	Pesos de las observaciones en función del ángulo de elevación.
<b>Resolución de Ambigüedades</b>	Restricción ionosférica	0.0 m + 8.00 ppm	Restricción aplicada a la variable ionosférica en la resolución de ambigüedades WL ( $L_2 - L_1$ ).
	Ambigüedades NL	0.15 .015 1000. 99. 15000.	Parámetros. Función de decisión, máximo valor de error ( $x^2$ ), máxima distancia línea base.
	Ambigüedades WL	NINGUNO	Parámetros ignorados si el tipo de observable es LC_AUTCLN
<b>Parámetros Atmosféricos</b>	Retraso cenital	YES	Estimación de parámetros de retraso cenital (zenith delay).
	N. retrasos cenitales	13	Número de retrasos cenitales calculados por día.
	Intervalo de retrasos	2 horas	Intervalo en horas para la determinación del retraso cenital.
	Modelo cenital	PWL	Determinación del modelo de retraso cenital: Piecewise linear.
	Restricción. retraso cenital	0.50 m	Precisión a priori inicial para la determinación de los retardos cenitales.
	Variación cenital	0.02 100.	Valores de correlación para la variación cenital (Gauss-Markov)
	Gradientes atmosféricos	YES	Estimación de gradientes atmosféricos. (N-S y E-W)
	N. gradientes estimados	2	Número de gradientes calculados por día.
	Restricción. gradiente	0.01	Precisión a priori inicial para la determinación de gradientes.
	Modelo meteorológico	RNX GPT 50	Determinación del archivo y/o modelo meteorológico.
	Modelo ionosférico	GMAP	Corrección ionosférica a través del modelo CODE.
	Función de mapeo	NMF	Cálculo de los valores de mapeo troposférico húmedo y seco a través del modelo de Niell.
Archivo meteorológico de salida	YES	Obtención de valores de vapor de agua	
<b>Parámetros Orbitales</b>	Marco inercial	J2000	Época de referencia para la transformación de marcos.
	Modelo de radiación solar	BERNE	Determinación del modelo de radiación solar (9 coeficientes)
	Sistema gravitacional	EGM08	Definición del modelo dinámico gravitacional para la integración inicial de órbitas. (Constantes)
<b>Modelos de Corrección</b>	Antenas del receptor	AZEL	Corrección de la variación del centro de fase en función del ángulo de elevación y el azimut.
	Antenas de los satélites	ELEV	Corrección de la variación del centro de fase en función del ángulo de elevación.
	Cargamento atmosférico	ATMDISP_CM	Corrección de la variación posicional debido al cargamento por presión atmosférica.
	Cargamento oceánico	FES2004	Corrección de la variación posicional debido al cargamento oceánico.
<b>Parámetros Auxiliares</b>	Ángulo de elevación	3°	Definición de la máscara de elevación utilizada en el posicionamiento.
	Pesos iniciales (constraint) por estación	5 cm	Peso estándar para puntos de 1er orden.

Fuente: Herring, T., King, R &amp; McClusky, S. 2010

**Procesamiento de Datos GPS**

El procesamiento de datos se lo realizó en el software Gamit/Globk v10.6 creado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, cuya licencia es libre y es otorgada únicamente a instituciones con fines de investigación. Para el estudio, se ha establecido procesar un total de 45 estaciones de monitoreo continuo, de las cuales 35 corresponden a la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador y 20 a la Red Mundial IGS, las cuales servirán como bases para el ajuste de las diferentes estaciones analizadas. En la tabla 2, se presenta un resumen de cada una de ellas, clasificadas en relación a su abreviatura, nombre real y localización.

La tabla 3, describe brevemente, los principales parámetros de procesamiento y modelos de corrección utilizados en el análisis y ajuste de observaciones acorde a lo establecido en los estándares internacionales IERS Conventions 2010.

**Resultados**

Establecido cada uno de estos parámetros, el siguiente paso lo comprende la determinación de la función matemática que mejor se ajuste a sus datos, siendo la regresión lineal el método más utilizado.

En el caso específico del presente estudio se generó un total de 35 series de tiempo correspondientes a las estaciones que forma parte de la REGME y se evaluó los resultados de forma particular sobre la estación COEC, base de nuestro estudio. (Ver figura 4).

En base a la información de la tabla 2, en donde el sismo de mayor magnitud (5.8) se dio el 20 de octubre de 2014 correspondiente a la época 2014.8, se evidencia en la coordenada ESTE una variación menor a 5mm con referencia a la tendencia de la serie anual, mientras que en la coordenada NORTE y ALTURA no se evidencia el cambio posicional.

**Conclusiones**

- Se realizó el procesamiento de datos GPS durante los años 2013 y 2014 de la REGME para evaluar los desplazamientos ocurridos a causa de sismos de magnitud mayor a 4 grados en la escala de Richter con el software científico Gamit/Globk, específicamente se centró el análisis en la estación "COEC" por su cercanía a un sismo de magnitud 5.8.
- La estrategia de procesamiento establecida para la fase de ajuste y materialización de soluciones, ha permitido generar coordenadas geocéntricas en el

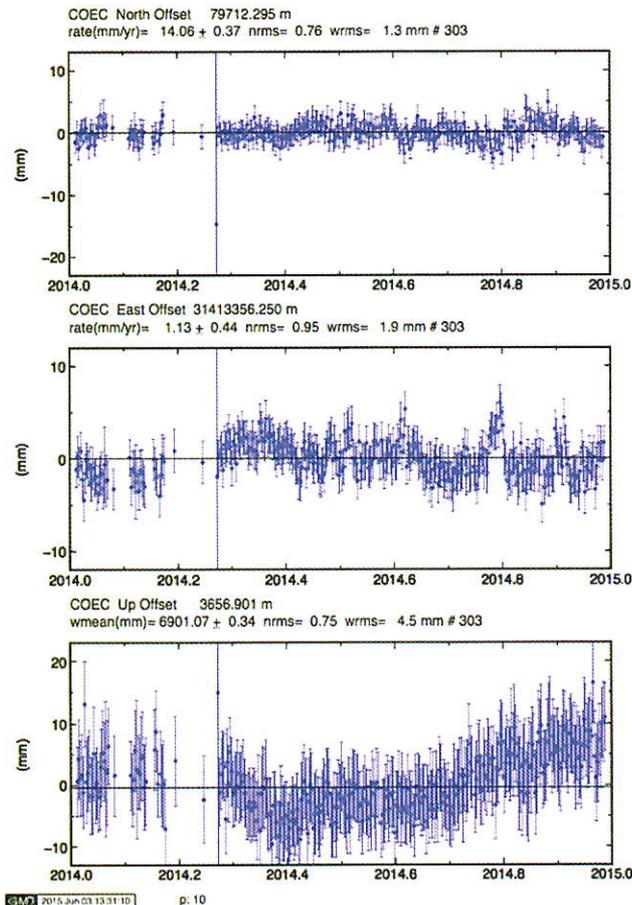


Figura 4. Serie temporal para la Estación GNSS COEC. Período 2014 - 2015  
Fuente: Instituto Geográfico Militar 2015.

marco de referencia IGS08, con precisiones cercanas al milímetro, con lo cual es factible realizar este tipo de estudios de geodinámica.

- En base a los resultados, se puede evidenciar un desplazamiento menor a 5 mm en la serie temporal de la posición en “ESTE” en la época 2014.8, por lo que es posible correlacionar este movimiento con el evento sísmico de la fecha.
- Para asegurar la veracidad de la anterior afirmación, se recomienda analizar las observaciones diarias con un intervalo de 1 segundo de la estación COEC de los días anteriores y posteriores bajo otras técnicas de procesamiento, como por ejemplo PPP (Precise Point Positioning) a fin de comparar los resultados.
- Estos resultados sirven para analizar las soluciones de la REGME cuando se determine el marco de referencia oficial, con lo cual se determinará la afectación en la posición de los eventos sísmicos con magnitudes mayores a 4 grados escala de Richter.

## Bibliografía

- Báez, J. C., Parra, H., & Maturana, R. (2011). Monitoreamiento del efecto postsísmico del terremoto del Maule, a partir de observaciones GNSS. Obtenido de las Presentaciones de Reunión SIRGAS.
- Cisneros D. (2012). Campo de velocidades del Ecuador (VEC-EC) obtenido a partir de medidas GPS de los últimos 15 años. Obtenido de las Presentaciones de Reunión SIRGAS.
- Drewes, H., & Heidbach, O. (2012). The 2009 horizontal velocity field for South America and the Caribbean. In *Geodesy for Planet Earth* (pp. 657-664). Springer Berlin Heidelberg.
- GPS World staff. (2015). GPS Data Show How Nepal Earthquake Disturbed Earth's Upper Atmosphere. GPS World.
- Lavenu, A. (2006). Neotectónica de los Andes entre 1 N y 47 S (Ecuador, Bolivia y Chile): una revisión. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 61(4), 504-524.
- Simons M. (2014). From the earthquake cycle to mantle structure current and future uses of dense GPS. Obtenido de IGS Workshop.
- Soler, T., & Marshall, J. (2003). A note on frame transformations with applications to geodetic datums. *GPS solutions*, 7(1), 23-32.
- Winter, T. (1990). Bosquejo de la Evolución Geodinámica del Ecuador. *Geografía Básica del Ecuador Tomo IV – Geografía Física: 15 – 20*. Quito: CEDIG.

## CATÁLOGO DE OBJETOS 1: 1 000 PARA CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES

Santamaría, Fabián; Caizaluiza, Alicia & Cando, Alejandra

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: [fabian.santamaria@mail.igm.gob.ec](mailto:fabian.santamaria@mail.igm.gob.ec) • Telf:(593) 3975100 • Ext. 2515

Email: [alicia.caizaluiza@mail.igm.gob.ec](mailto:alicia.caizaluiza@mail.igm.gob.ec) • Telf:(593) 3975100 • Ext. 2129

Email: [alejandra.cando@mail.igm.gob.ec](mailto:alejandra.cando@mail.igm.gob.ec) • Telf:(593) 3975100 • Ext. 2125

### Resumen

Como organismo competente el Instituto Geográfico Militar IGM coordina las acciones para normar las actividades de cartografía que se ejecutan a nivel nacional. Dentro de estas acciones se ha establecido el Catálogo de Objetos 1:1 000 para cartografía base con fines catastrales, siendo el mismo una combinación de datos donde se incluye la definición de objetos geográficos, atributos y su correspondiente codificación, con el fin de facilitar el intercambio de geoinformación entre los usuarios.

El IGM desarrolló y aprobó el Catálogo de Objetos 1:1000 con la finalidad de dar a conocer a los usuarios y productores de cartografía las especificaciones, para determinar la estructura con la cual serán organizados los tipos de objetos geográficos, sus definiciones y características, de tal manera que sean integrables, homologables y comprensibles, garantizando su interoperabilidad. La información estructurada según este modelo, facilitará la comprensión y aprovechamiento de los productos cartográficos permitiendo la adición de objetos y atributos según se requiera en una aplicación específica.

**Palabras clave:** Catálogo de objetos, objeto geográfico, atributo.

### Abstract

*The Military Geographic Institute IGM is the organization that coordinates actions to regulate the cartography activities to national level. Within these actions has been set Object Catalogue 1: 1000 to cadastral base mapping purposes, the same being a data combination, where the definition of geographic objects, attributes and their corresponding coding is included, in order to facilitate geo-information exchange between users.*

*The IGM developed and approved the Object Catalogue 1: 1000 in order to spread among users and producers of mapping, specifications to determine the structure which will be organized types of geographic objects, their definitions and characteristics, so that they are integrated, comparable and understandable ensuring their interoperability. Structured information on this model, will facilitate the understanding and use of cartographic allowing to add objects and attributes as required in a specific application.*

**Keywords:** Objects catalog, object geographic, attribute.

## Introducción

Un catálogo de objetos es una primera aproximación de representación general de la realidad, constituida por una estructura organizada de los diferentes objetos geográficos georreferenciados.

El catálogo de objetos básico con fines catastrales está encaminado a estructurar y estandarizar la información geográfica básica que se levante a escala 1:1000, adoptando un conjunto mínimo de definiciones de objetos y atributos, mediante un lenguaje común que facilite el intercambio entre los usuarios.

Se busca que todos los generadores y usuarios de información geográfica del país, tengan presente las definiciones de cada uno de los objetos, las entiendan y las utilicen de manera clara y precisa. Adicional, se espera que el catálogo pueda ser instrumento útil para los tomadores de decisiones de la política pública y para la sociedad civil, que es el usuario final de la información básica catastral.

## Generación del catálogo

Siguiendo estándares internacionales de organismos como Defence Geospatial Information Working Group, organismo multinacional responsable de la normalización geoespacial para organizaciones de defensa y lineamientos institucionales de catalogación de objetos geográficos como La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) y Consejo Nacional de Geoinformación (CONAGE) se ha organizado en: CATEGORÍA, SUBCATEGORÍA Y OBJETO; cada elemento posee una codificación única establecida por dos (2) dígitos para categoría, cuatro (4) para subcategoría y una codificación específica de cinco dígitos adicionales para cada objeto.

A continuación se presenta una descripción de cada elemento que compone el catálogo:

**CATEGORÍA:** Jerarquía más alta del catálogo que agrupa fenómenos relacionados con una temática específica.

**SUBCATEGORÍA:** Jerarquía intermedia del catálogo que agrupa fenómenos que comparten similitud en alguna propiedad en particular.

**OBJETO:** Categoría básica que agrupa fenómenos con propiedades comunes.

El catálogo de objetos escala 1:1000 para cartografía base con fines catastrales está dividido en 7 categorías: Infraestructura de Industria y Servicios, Geografía Socioeconómica, Infraestructura de Transporte, Hidrografía y Oceanografía, Fisiografía, Aeronáutica y Toponimia; cada una dividida en subcategorías, las mismas que contienen los objetos geográficos, el nivel más detallado.

La información estructurada según este modelo, facilitará a los diferentes usuarios la comprensión y aprovechamiento de los productos digitales del IGM y permitirá también, la complementación del mismo, ya que se trata de un modelo flexible que admite la adición de tantos objetos y atributos como se requieran en una aplicación específica.

## Conclusiones

- En la actualidad el tema de actualización de información cartográfica con fines catastrales se considera relevante para la toma de decisiones. El catálogo de objetos cumple con la necesidad de homologar la información que cada municipio tenga como base cartográfica, de ese modo se atiende el requerimiento multifinalitario.

- El catálogo de objetos con fines catastrales debe ser aplicado por todas las personas naturales y jurídicas, generadoras de cartografía en los proyectos contratados por los distintos Gobiernos Autónomos Descentralizados; los mismos que son supervisados y fiscalizados por el IGM.

## Agradecimientos

Al personal de las áreas técnicas del Instituto Geográfico Militar, que proporcionó la información base para la elaboración del catálogo.

## Referencia Bibliográfica

- Catálogo de Objetos 1:5000 Versión 1.0 (2011). Instituto Geográfico Militar (IGM) Quito. Ecuador.
- Catálogo Nacionales de Objetos Geográficos Versión 2.0 (2013), Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). Ecuador.
- Base de Datos Geográficos. (2000). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- Catálogo de Objetos de Información Base. (2009). Instituto Geográfico Militar (IGM). Quito – Ecuador.
- Norma internacional ISO 19110:2005. Información geográfica –metodología para la catalogación de objetos.
- Superintendencia general de los servicios públicos. Estándares Cartográficos Aplicados a Catastro. Perú. Sistema Nacional Integrado de Información catastral predial.
- Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. Catálogo de Objetos Geográficos. del Mapa de Referencia para el Distrito Capital. Versión 5.1. Colombia.

Tabla 1. Elementos del Catálogo de Objetos básico para cartografía con fines catastrales 1: 1000.

**CATÁLOGO DE OBJETOS PARA CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES  
ESCALA 1:1000 (INICIAL)**

COD	Categoría	COD	Subcategoría	Código	Objeto		
01	INFRAESTRUCTURA DE INDUSTRIA Y SERVICIOS	01.05	COMUNICACIONES / TRANSMISIONES	AT042	Poste		
		02.01	CONSTRUCCIONES	AL013	Edificio		
				AL070	Cerca		
				AL170	Plaza Pública		
		02.02	ASOCIADO A POBLADOS	AL241	Torre		
				AL260	Muro		
				AQ150	Escalinata		
				EA020	Cerca Viva		
		02	GEOGRAFÍA SOCIOECONÓMICA	02.03	RECREACIÓN	AK040	Campo Deportivo
						AK120	Parque
AK170	Piscina						
AK165	Estadio						
03.01	FERROCARRILES			AK166	Plaza de Toros		
				AN010	Línea Férrea		
				AP020	Intercambiador Vial		
				03.02	TRANSPORTE TERRESTRE	AP030	Vía o Ruta
						AQ040	Puente
				03.07	CRUCES Y ENLASES	AQ130	Túnel
AQ152	Puente Peatonal						
03	INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	03.08	ASOCIADO A TRANSPORTACIÓN	AP034	Parterre		
				AP031	Paseo peatonal / ciclo vía		
				AQ141	Parqueadero		
				AQ035	Acera		
		04.01	ZONAS COSTERAS	AQ036	Bordillo		
				AQ065	Alcantarilla		
				BA010	Orilla		
				BA030	Isla		
				04.02	PUERTOS Y MUELLES	BB009	Puerto
				04.10	REGULACIÓN Y/O ZONAS RESTRINGIDAS	BH050	Granja acuática
BH010	Acueducto						
04	HIDROGRAFÍA Y OCEANOGRAFÍA	04.11	AGUAS INTERIORES	BH030	Acequia		
				BH100	Zanja		
				BH140	Río		
				BH081	Estanque		
		BH080	Lago				
		BI010	Cisterna				
		05	FISIOGRAFÍA	05.01	REPRESENTACIÓN DE RELIEVE	CA010	Curva de Nivel
CA030	Punto Acotado						
ZB035	Punto de control						
08	AERONAÚTICA	08.01	AEROPUERTOS Y SUPERFICIES DE ILUMINACIÓN Y/O MOVIMIENTO	GB055	Pista de Aterrizaje		
				GB035	Helipuerto		
				GB005	Aeropuerto		
21	TOPONÍMIA	21.01	NOMBRES	ZD040	Nombre de Sitio		
				ZI005	Nombre Geográfico		

Fuente: Gestión Normativa. Instituto Geográfico Militar. (2016)



## EVALUACIÓN DEL FENÓMENO DE EL NIÑO, PERÍODO 2015-2016

Dávila, Álvaro & Fierro, Diana

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: [alvaro.davila@mail.igm.gob.ec](mailto:alvaro.davila@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2110

Email: [diana.fierro@mail.igm.gob.ec](mailto:diana.fierro@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2110

### Resumen

“El Niño” es un fenómeno climático que implica un aumento en la temperatura superficial de las aguas del mar en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial. Dicho fenómeno tiene un periodo de recurrencia de entre 2 y 7 años. Este sobrecalentamiento del mar, entre 1 y 8 °C, incrementa la evaporación de las aguas del océano, aumentando la humedad y disponibilidad de agua en la atmósfera. Esta circunstancia, ligada al fuerte relieve, incrementa la frecuencia e intensidad de las precipitaciones sobre el área continental de los países ubicados en las zonas tropicales, provocando inundaciones, por desbordamiento de ríos y anegamiento de terrenos, que provocan daños sociales, pérdidas económicas e importantes deslizamientos de tierra que destruyen equipamientos e infraestructuras, principalmente vías de transporte. Considerando que el fenómeno esperado en el período 2015-2016, tendría similares características que el evento de magnitud fuerte sucedido en 1997-1998, este artículo intenta aportar con información que permitan tener una reflexión sobre los efectos de las inundaciones sobre el espacio geográfico habitado, utilizando para ello, el lenguaje de los mapas.

**Palabras claves:** Temperatura anómala, calentamiento del océano, precipitaciones, inundaciones.

### Abstract

*“El Niño” is a climatic phenomenon that involves an increase in the surface temperature of the sea water in the central and eastern equatorial Pacific. This phenomenon has a recurrence period of between 2 and 7 years. This overheating of the sea, between 1 and 8 °C, increases the evaporation of ocean waters, increasing moisture and water availability in the atmosphere. This, linked to strong relief, increases the frequency and intensity of rainfall on the mainland of the countries located in the tropics, causing floods, overflowing rivers and flooding of land, causing social damage, economic damage and landslides that destroyed facilities and infrastructure, mainly transport routes. Whereas the phenomenon expected in the period 2015-2016, would have similar characteristics as the strong magnitude event happened in 1997-1998, this article attempts to provide information that would allow a reflection on the effects of flooding on the inhabited geographical space, using for it, the language of maps.*

**Keywords:** Abnormal temperature, ocean warming, rainfall, floods.

## Introducción

Cerca del final de cada año calendario, la superficie del océano se calienta a lo largo de Ecuador y Norte de Perú. En el pasado, los habitantes se referían a este calentamiento anual como “El Niño” debido a que su aparición es en época navideña, refiriéndose a Jesús. Cada 2 a 7 años aparece un calentamiento más fuerte en las costas de Sudamérica, permaneciendo por algunos meses y es a menudo acompañado por fuertes precipitaciones en las costas de Ecuador. Con el tiempo el término “El Niño” empezó a ser usado para referirse a estos episodios de mayor calentamiento del océano.

En el Ecuador, estas fuertes precipitaciones, han causado inundaciones con efectos negativos, en el aspecto social y económico. A partir de 1982, estos efectos se han venido sintiendo con mayor intensidad en la costa ecuatoriana, en razón de su relación directa con el mayor grado de intervención u ocupación del territorio. En los años 97-98 ocurrió un fenómeno de “El Niño” con una intensidad similar a la que se espera en el año 2016, los daños en el Ecuador ascendieron a los 2 882 millones de dólares según la metodología realizada por la CEPAL en julio de 1998.

Bajo estos términos este artículo consta de 8 mapas con sus respectivos textos explicativos, realizados con información de instituciones oficiales del Estado Ecuatoriano, cuyas temáticas son las siguientes: Histórico de la precipitación acumulada (mm) de noviembre de 1997 y mayo de 1998, Áreas Susceptibles a Inundaciones, Cobertura y Uso del Suelo en zonas de susceptibilidad a inundaciones, Población localizada en zonas susceptibles a inundaciones, Megaproyectos en zonas susceptibles a inundaciones, Establecimientos de Salud en zonas susceptibles a Inundación, Establecimientos Educativos en zonas susceptibles a inundación e Infraestructura Vial localizada en zonas de susceptibilidad a inundación.

### El Fenómeno de El Niño

El Niño es un fenómeno climático caracterizado por un calentamiento en el océano Pacífico ecuatorial, en un período de recurrencia de entre 2 y 7 años, con un aumento variable de la temperatura. Este fenómeno corresponde a la fase cálida de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) o El Niño–Southern Oscillation (ENSO) y cuya fase fría es la Niña.

La temperatura del océano Pacífico en la zona ecuatorial y más concretamente en el caso ecuatoriano, tiene un valor usual alrededor de los 18 °C; con el fenómeno de El Niño, este valor puede incrementarse hasta 6 e incluso 8 °C, con lo que la temperatura del océano puede llegar a unos 24 o 26 °C. Este aumento se traduce directamente en el incremento de

la evaporación de las aguas superficiales del océano, que por diferencia de densidad tenderán a subir hasta encontrar las capas más frías de la atmósfera, y luego a condensarse en nubes. Finalmente, pueden llegar a producirse precipitaciones en forma de aguas, desde imperceptibles hasta, en el peor de los casos, extremas.

Para evaluar el efecto de la precipitación sobre la superficie del suelo, es importante tener en cuenta la cantidad de agua precipitada por unidad de tiempo, o sea, la intensidad de la precipitación. En Ecuador, habitualmente las máximas intensidades se producen en los primeros 10 minutos, luego a los 20 minutos, pudiendo alcanzar hasta una duración de una hora u hora y media. Es importante destacar que pueden producirse inundaciones con intensidades de precipitación de 40 mm/h en adelante (Mejía, 2015). Una categorización para la intensidad de la precipitación aceptada a nivel mundial se muestra en el Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación intensidad de precipitación

CLASE	INTENSIDAD (mm/hora)
Débiles	Menor o igual a 2
Moderadas	Entre 2 y 15
Fuertes	Entre 15 y 30
Muy Fuertes	Entre 30 y 60
Torrenciales	Mayor a 60

Fuente: Agencia Española de Meteorología, 2015

Adicionalmente, las inundaciones no solo son consecuencia de la intensidad de la precipitación, sino también del grado de inclinación del terreno, de la textura del suelo, de la cobertura vegetal, entre otros factores; por ejemplo, las pendientes categorizadas como bajas y muy bajas y los suelos de textura fina o arcillosos son los más propensos a favorecer las inundaciones por anegamiento porque impiden la infiltración del agua y la circulación de la misma en superficie.

Un informe de la CAF (CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO), indica que las precipitaciones máximas que tuvieron efectos destructivos sobre la región de la Costa durante el Fenómeno de El Niño de 1997-1998, superaron los 96 mm con duraciones inferiores a las 12 horas; esto significa que, en menos de medio día, un recipiente cuadrado de 1 m<sup>3</sup> de dimensiones 1x1x1 m, alcanza 90 mm de altura, medido desde la base, cuando sobre él se vierten 90 litros de agua lluvia.

### Objetivo

Realizar estadísticas, mapas y textos descriptivos que permitan tener una reflexión sobre los efectos de las inundaciones en el ámbito social y económico, mediante la recopilación de información oficial.

## Fuentes de información y limitaciones

Como punto de partida se utilizó la información contenida en los siguientes documentos gráficos y alfanuméricos generados por diferentes instituciones de Ecuador relacionadas con la gestión del territorio:

- Instituto Geográfico Militar, 2011, Mapa del Ecuador, escala 1:500.000
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010, Censo de Población y Vivienda (2010).
- INAMHI, 1998, Precipitación Acumulada Años 1997-1998 (Fenómeno de El Niño).
- IEE-MAGAP-SNGR, 2015, Susceptibilidad de Inundaciones, escala 1:50.000.
- MAGAP – Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014, Cobertura y uso del suelo, escala 1:100.000.

Además, se ha incluido información de infraestructura para el desarrollo tales como: Establecimientos Educativos, Establecimientos de Salud, Infraestructura Vial, que fueron proporcionados por los Ministerios de Salud del Ecuador, Ministerio de Educación del Ecuador, Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, respectivamente.

Parte importante de este trabajo es la inclusión del mapa oficial de Susceptibilidad de Inundaciones realizado por el MAGAP - IEE. Este mapa representa la posibilidad de ocurrencia de inundación en la zona del litoral, donde tiene mayor efecto el fenómeno de El Niño. Se ha generado a partir de la interrelación de diferentes variables (gráfico 1):

Este mapa ha sido consensuado por varias instituciones desde noviembre del 2016 y es el que oficialmente se está utilizando como base para la generación de mapas temáticos de evaluación de riesgo, de acuer-

do a fines específicos de cada una de las instituciones del Estado relacionadas con esta materia.

## Metodología

Enmarcados en este propósito la primera tarea consistió en derivar del mapa del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM) escala 1:500.000, a una base que representa parcialmente al Ecuador continental; específicamente de la Región Costa ecuatoriana a escala 1:750.000, como soporte, transversal a toda la información temática y geográfica. Esta decisión obedece a las dimensiones del mapa, que debe permitir tener una buena claridad para su lectura y por otro, la información temática del INAMHI respecto de las zonas afectadas por altas intensidades de precipitación (Fenómeno de El Niño, 1997-1998), que se localizan de manera casi exclusiva en la región Litoral ecuatoriana; de ahí el recorte del área que se muestra en este estudio.

El primer mapa consiste en la cartografía base 1: 500 000 y al histórico de la precipitación acumulada (mm) de noviembre de 1997 y mayo de 1998.

Los siguientes mapas también fueron analizados con la división de Comandos Operacionales los mismos que son manejados por las Fuerzas Armadas del Ecuador. Para obtener los mapas a nivel parroquial se utilizaron herramientas de geoprocésamiento que permitan calcular la frecuencia de la variable requerida en cada parroquia.

El segundo mapa consiste en la cartografía base 1: 500.000 y las Áreas Susceptibles a Inundaciones Oficiales realizadas por MAGAP-IEE., clasificadas en susceptibilidad alta y media.

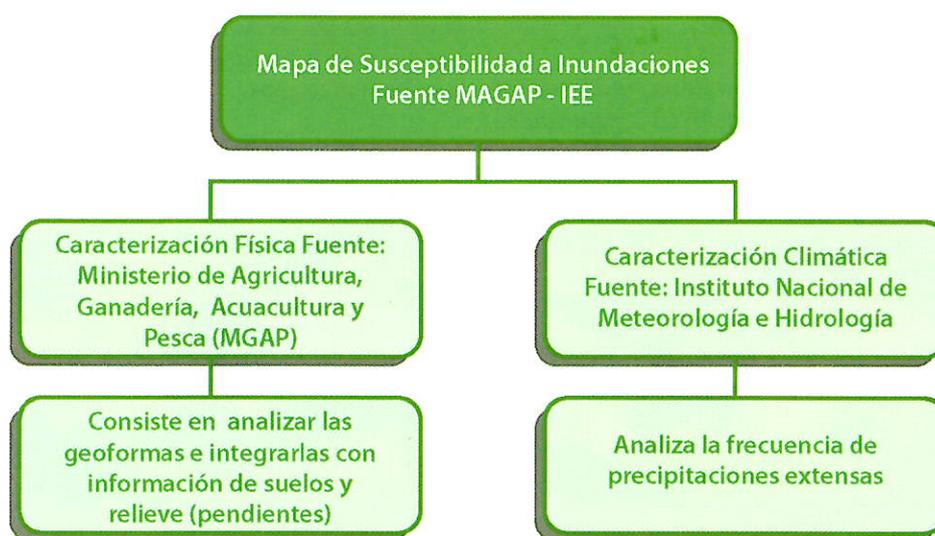


Gráfico 1. Mapa de Susceptibilidad a Inundaciones.  
Fuente: MAGAP - IEE.

El tercer mapa consiste en la cartografía base 1: 500 000 y la Cobertura Natural y Uso del Suelo en zonas de susceptibilidad a inundaciones. Para obtener los tipos de cobertura natural y uso de suelo afectados, se calcularon las zonas traslapadas entre la cobertura natural y uso de suelo del MAGAP y la cobertura de susceptibilidad a inundaciones que se empleó en el mapa anterior, mediante herramientas de geoprocésamiento del Sistema de Información Geográfica ArcGIS. Finalmente se calcularon las áreas afectadas en hectáreas de los diversos tipos de cobertura natural y usos del suelo con su correspondiente gráfico estadístico.

El cuarto mapa representa la población localizada en zonas susceptibles a inundaciones. La información de población se obtuvo del Censo de Población y Vivienda, 2010, posteriormente se realizó una intersección entre las áreas Susceptibles a Inundaciones y la cobertura con el número de habitantes de cada parroquia. Se obtuvo como resultado la población y el número en zonas susceptibles a inundaciones.

El quinto mapa consiste en la cartografía base 1: 500 000 y los Megaproyectos del Estado para control de inundaciones con su respectiva área de influencia, cuya información fue proveída por SENPLADES.

El sexto y séptimo mapa representa los establecimientos de salud y educativos respectivamente, de las zonas rurales, localizados en las zonas de susceptibilidad a inundaciones. Se empleó para el análisis únicamente los de las zonas rurales debido a que se consideran que son más susceptibles las infraestructuras en estas zonas por la escases de sistemas de alcantarillado, posteriormente se realizó una intersección entre las áreas Susceptibles a Inundaciones y la cobertura con el número de establecimientos de salud y educativos. Se obtuvo como resultado el número de establecimientos de salud y educativos localizados en zonas susceptibles a inundaciones.

El último mapa trata de la Infraestructura Vial localizada en zonas de susceptibilidad a inundación, realizado con la intersección entre las vías principales y las zonas susceptibles a inundaciones, obteniéndose

como resultado las vías afectadas en Km.

Los mapas fueron realizados utilizando principalmente las variables visuales: color, intensidad del color, forma, y tamaño, que colocados secuencialmente han permitido graficar y tener una lectura clara de las temáticas principales que se han tomado en cuenta para la elaboración de este trabajo.

## Comentario

Como puede verse en el conjunto de mapas en este artículo, la precipitación, en combinación con otros factores, pueden producir severas inundaciones, afectando a un gran número de habitantes, vegetación y terrenos, vías de transporte y otras infraestructuras, y pérdida de cultivos, sin dejar de considerar también los problemas de salud de la población en los lugares inundados, debido a la contaminación del agua de lluvia con aguas potables, además de picaduras de culebras, insectos, etc.

### El fenómeno de 1997-1998

El impacto que tuvieron las inundaciones producidas durante El Niño de 1997-1998 es todavía recordado. El monto de los daños, según un informe de la Corporación Andina de Fomento (CAF), fue de cerca de tres mil millones de dólares y la superficie de cultivos perdidos y afectados en el país, de 843 873 hectáreas.

La imagen 1 de diciembre de 1997, informa sobre la temperatura anómala de la superficie del océano Pacífico sobre el sector ecuatorial que se encuentra entre los 3 y 5 °C, fecha en la que el efecto de El Niño fue considerable en Ecuador.

Los eventos de El Niño más fuertes, a partir de 1950, se han producido en los años que se indica en el gráfico 2 que es revelador que no tiene un período constante de ocurrencia, aunque se indican períodos menor a los 10 años.

Los efectos socioeconómicos derivados de los excesos de precipitación fueron los más relevantes. Al incre-

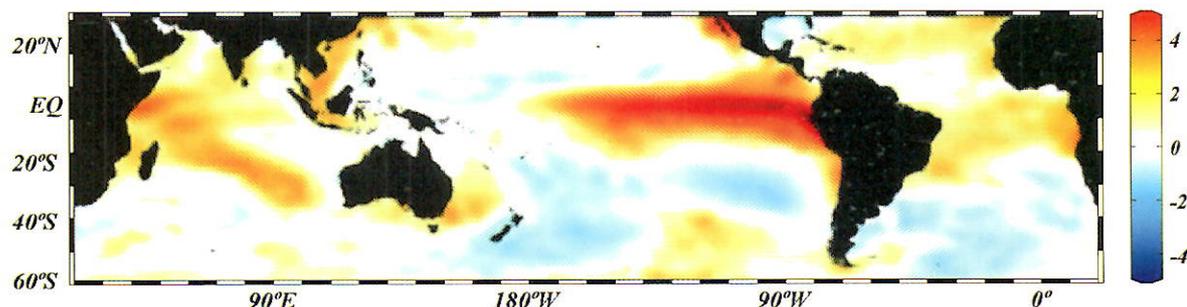
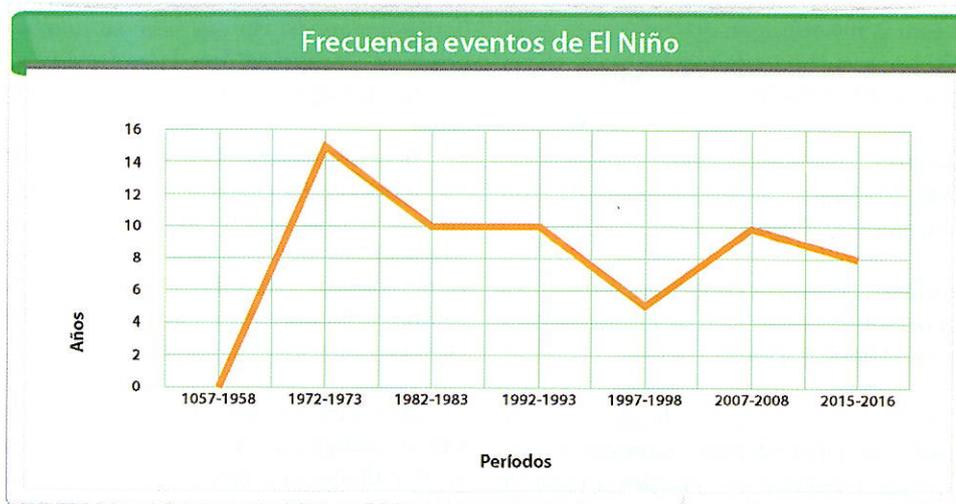


Imagen 1. Anomalía Temperatura Superficial del Mar (°C), Enero 1998  
Fuente: National Centers for Environmental Prediction, US, NOAA, 1998  
Procesamiento: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CHIFEN)



**Gráfico 2.** Frecuencia eventos de El Niño  
Fuente: CEPAL, 1998 y Propia, 2015

mentar extraordinariamente el caudal de los ríos. En algunos casos ríos cambiaron su curso, dejando aislados puertos o centros poblados (como fue el caso de puerto Inca). Otros destruyeron parcialmente muros de gaviones en su cauce produciendo daños a carreteras y viviendas. Las inundaciones en amplias zonas agrícolas por los desbordamientos de ríos o por lluvias directas, ocasionaron la pérdida de cosechas y plantaciones (miles de hectáreas de arroz, banano, café, caña de azúcar, soya, etc). (Corporación Andina de Fomento, 1998)

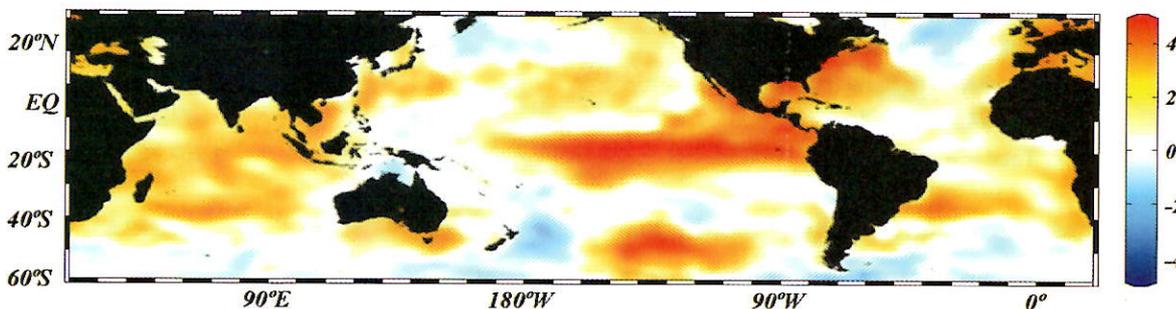
**El fenómeno esperado 2015-2016**

Luego de 18 años, nuevamente para el 2015-2016 se advierten fuertes anomalías en las temperaturas de la superficie del océano y vientos. Así, por ejemplo, información de la prensa escrita, indica que este nuevo ciclo ya ha generado algunos efectos en ciertos sectores agrícolas: el sector arrocero tiene un decrecimiento de 26% de producción debido al aumento de plagas y al abandono de los campos por temor a los efectos de El Niño, que ha provocado que los agricultores se abstengan de invertir en las plantaciones.; esta información es corroborada por la Corporación de Industriales Arroceros del Ecuador, en el año 2015, que hasta agosto de ese año se había cosechado el 44% de

la producción planificada que fue 763.000 toneladas. Igualmente, datos del MAGAP (2015) en relación a la producción de cacao, indican que el cultivo ha sufrido el aumento de plagas por el incremento de la humedad, al punto de declarar en emergencia dicho sector en agosto del 2015. La Asociación de Productores de Cacao ha indicado que en 1997 las pérdidas que dejó El Niño representaron el 50% de la producción; si esto ocurriera con el actual ciclo (2015-2016), se calcula que se perderían unos 400 millones de dólares.

Otro sector que está alerta es el de la caña de azúcar, cuya producción normal es de unas 500 000 toneladas por año. El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cincae, 2015) ha manifestado que este sector podría tener un 40% de reducción de la cosecha: “Una de las plagas mayores que puede venir con El Niño es la rata, las poblaciones de ratas crecen y se comen la caña; además, se conoce que en el evento 1997-1998 hubo destrucción de hasta el 80% en algunos canteros debido a este problema. (El Comercio, 2015)

La imagen 2 de diciembre de 2016, informa sobre la temperatura anómala de la superficie del océano Pacífico sobre el sector ecuatorial que se encuentra entre los 3 y 5 °C.



**Imagen 2.** Anomalia Temperatura Superficial del Mar (°C), enero, 2016  
Fuente: National Centers for Environmental Prediction, US. NOAA., 2016  
Procesamiento: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CI-FEN)

En el informe de febrero del 2016 del Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño CIIFEN, se han publicado tres mensajes claves de la conferencia "EL Niño 2015":

- El Niño 2015 – 2016 se ubica junto a los de 1997-1998, 1982-1983 entre los más fuertes desde 1950 y su evolución actual es inédita.
- Los impactos climáticos de El Niño 2015 -2016 se verán amplificados por la variabilidad del caudal y el calentamiento global.
- El niño 2015-2016 se desarrolla en medio de condiciones de vulnerabilidad económica, ambiental, social y política que podrían amplificar sus procesos.

Para mitigar los efectos de este fenómeno en Ecuador, a nivel estatal se han hecho grandes inversiones en obras físicas para el control de inundaciones (mapa 5). Así, por ejemplo, el proyecto Control de Inundaciones Bulubulu, con una inversión de 57 millones de dólares desde su inicio operacional en abril de 2015, forma parte del Sistema Hídrico Cuenca Baja Río Guayas, beneficiando alrededor de 65.000 habitantes e impulsando el desarrollo económico y social

de esta zona, constantemente amenazada por los desbordamientos del río que lleva su nombre. Además, beneficia a los agricultores de las provincias de Guayas y Cañar, protegiendo 46.000 hectáreas de cultivos.

De igual manera, el proyecto Daule-Vinces (Dauvín), entró en funcionamiento en diciembre de 2015 en beneficio de sectores agrícolas de 11 cantones de Guayas y Los Ríos. Esta obra de ingeniería, que alcanzó un costo de 275 millones de dólares, permitirá el control de inundaciones y dotar de agua para riego de cultivos a unas 170 mil hectáreas.

Otro proyecto importantes es el multipropósito Chone, inaugurado en noviembre 2015, con un costo de 80 millones de dólares, beneficia a más de 125 000 habitantes del cantón Chone y otras comunidades rurales del norte manabita, permitiendo controlar inundaciones en invierno y dotando de riego a decenas de miles de hectáreas que padecían sequía en la época de verano.

Finalmente, se han concluido, en enero de 2016, los proyectos Control de Inundaciones Cañar y Naranjal, para mitigar las afectaciones que podría causar el invierno del año 2016, favoreciendo a más de 142 000 habitantes de las provincias de Guayas y Ca-

Tabla 2. Resumen de Afectaciones por Inundaciones debido al Fenómeno de El Niño.

<b>RESUMEN DE AFECTACIONES POR INUNDACIONES DEBIDO AL FENÓMENO DE EL NIÑO</b>	
ÁREA SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES TOTAL (Has.)	1.707.328,43
Área susceptibles a inundaciones alta (Has.)	738.194,54
Área susceptibles a inundaciones media (Has.)	969.133,93
NÚMERO DE PARROQUIAS AFECTADAS POR INUNDACIONES	270,00
POBLACIÓN APROXIMADA AFECTADA POR INUNDACIONES	1.800.000,00
<b>COBERTURA NATURAL Y USO DEL SUELO AFECTADA POR INUNDACIONES</b>	
Arroz (Has.)	282.282,47
Banano (Has.)	60.362,63
Cameronera (Has.)	146.815,60
Cultivos Ciclo Corto (Has.)	112.732,82
Cultivos Permanentes (Has.)	118.130,41
Frutales (Has.)	81.905,67
Palma Africana (Has.)	69.103,86
Vegetación Natural (Has.)	521.203,76
Otros usos (Has.)	71.269,06
Total (Has.)	1.707.328,43
VÍAS AFECTADAS POR INUNDACIONES (Km)	1.232,52
NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS AFECTADOS POR INUNDACIONES	1.341,00
NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD AFECTADOS POR INUNDACIONES	117,00

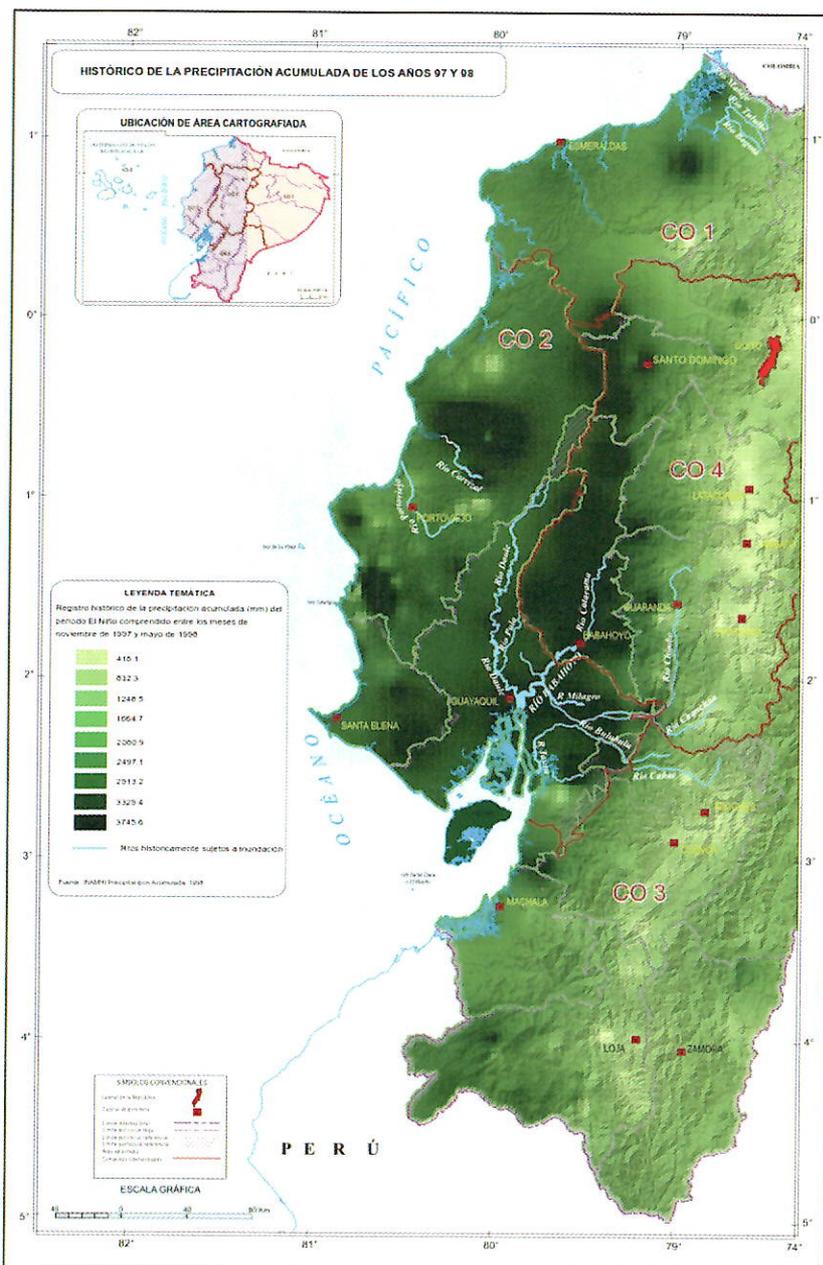
Fuente: CEPAL, 1998 y Propia, 2015

ñar. La inversión del proyecto Cañar fue de 227 millones de dólares y el de Naranjal 118 millones. Ambas megaconstrucciones, se estima que protegerán un área aproximada de 90 000 hectáreas.

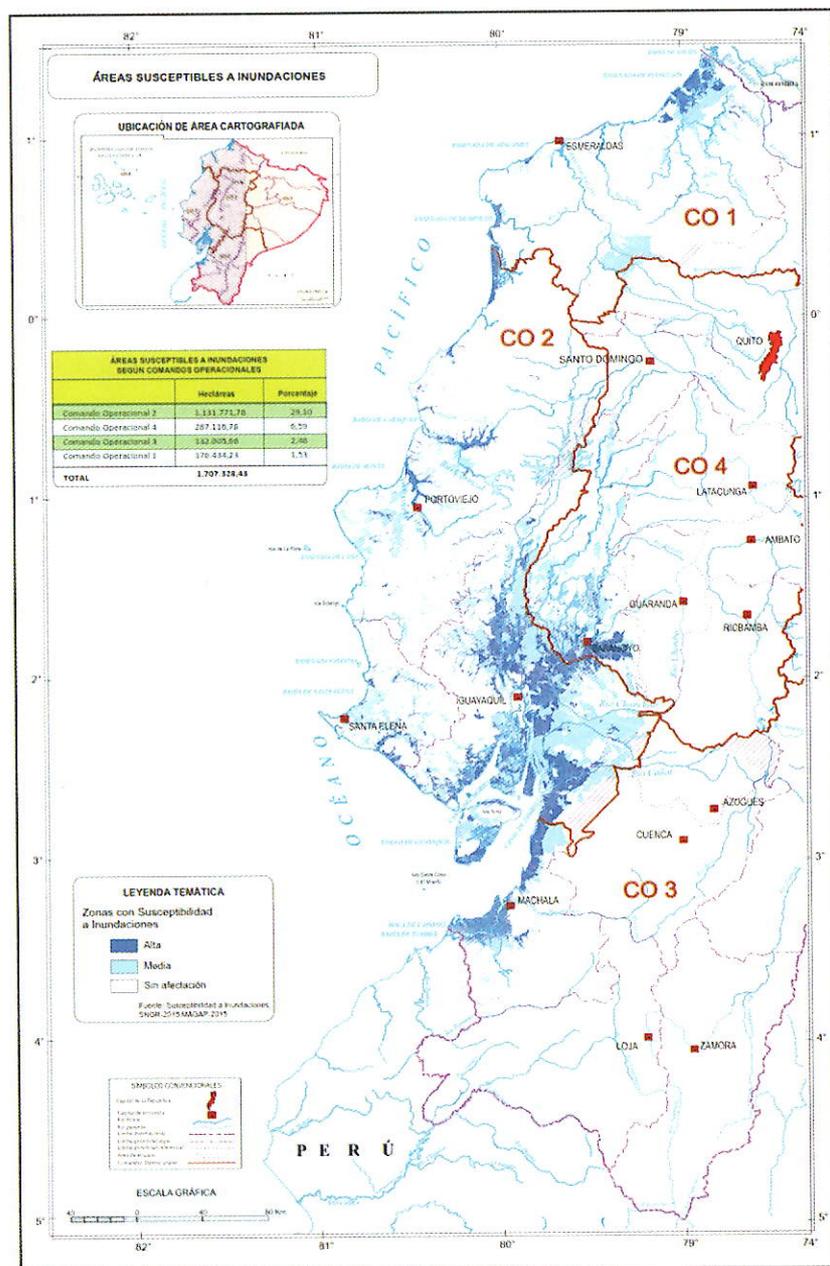
**Resultados**

Se tiene que las zonas susceptibles a inundaciones alta y media son de aproximadamente 1.700.000 hectáreas, pero de esta área, más del 90% corresponde al medio rural (población dispersa) y menos del 10% a la superficie urbana. El caso contrario sucede con

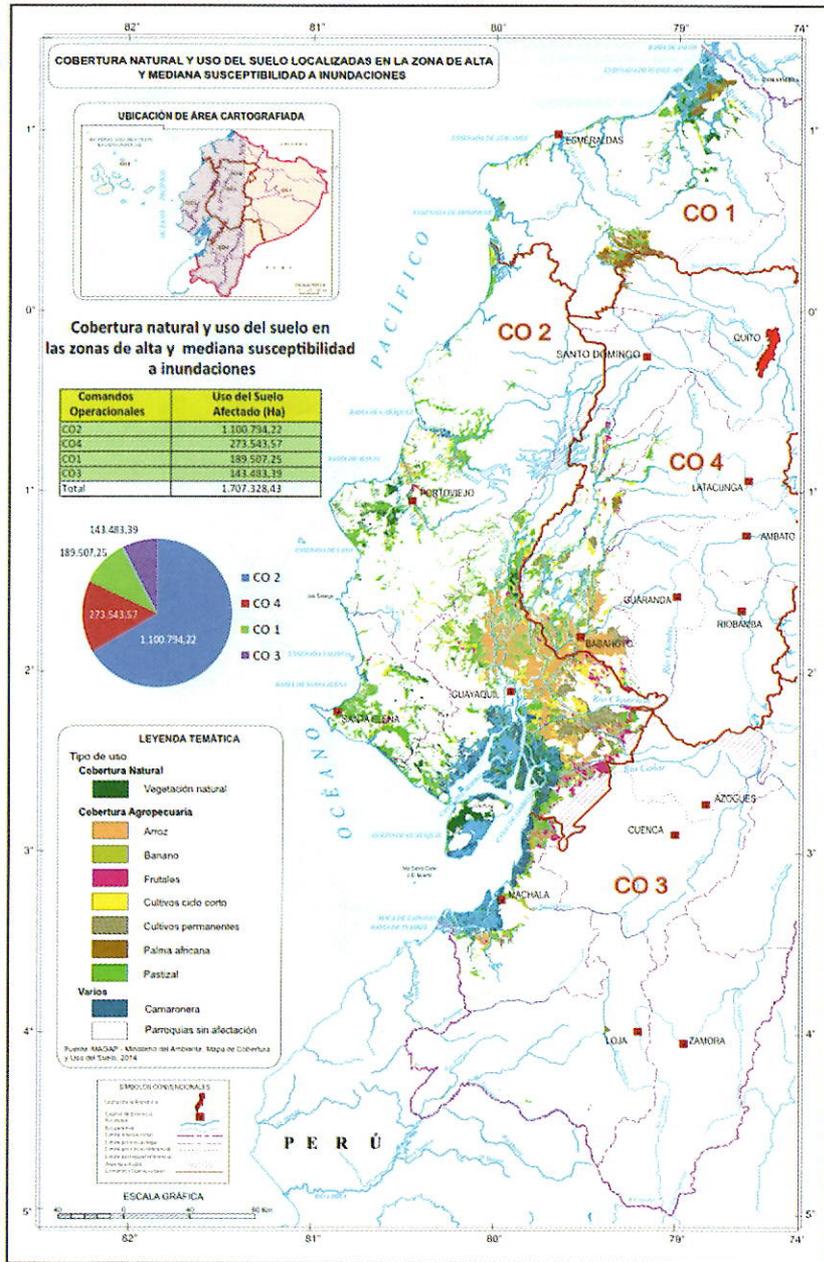
la población en las zonas susceptibles a inundación, el número de habitantes totales que habitan en dichas superficies, suman alrededor de los 1.800.000, pero de los cuales 1.240.000 corresponden al área urbana y 560.000 al área rural. Los cultivos afectados son de arroz, banano, cultivos ciclo corto, cultivo permanente, frutales, palma africana, pastizal, vegetación natural. Las vías en zonas de susceptibilidad tienen una longitud de 1.232,52 Km. Y el número de establecimientos educativos y de salud son 1.232,52 y 1.341 respectivamente (Ver Tabla 2).



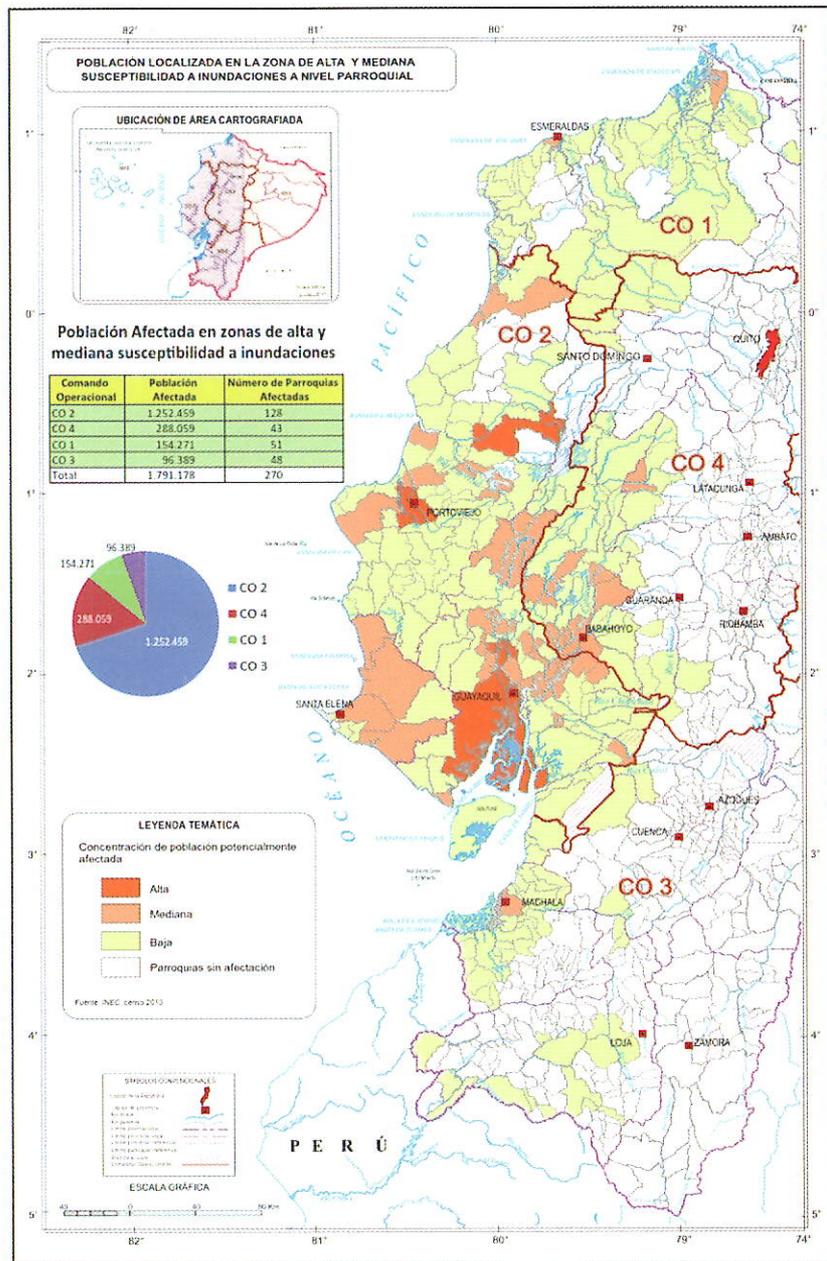
**Mapa 1:** Histórico de la Precipitación Acumulada de los años 97 – 98. El mapa muestra la precipitación acumulada en mm del período El Niño comprendido entre los meses de noviembre de 1997 y mayo de 1998. Donde se visualiza que el área con mayor precipitación es la Cuenca baja del río Guayas.  
 Fuente: INAMHI, Precipitación Acumulada, 1998



**Mapa 2:** Áreas Susceptibles a Inundación. El mapa muestra las áreas susceptibles a inundaciones alta y media, las mismas que cubren un área de 1.707.328,43 ha. Siendo la zona más afectada la cuenca baja del río Guayas.  
Fuente: SNGR – MAGAP Susceptibilidad a Inundaciones, 2015



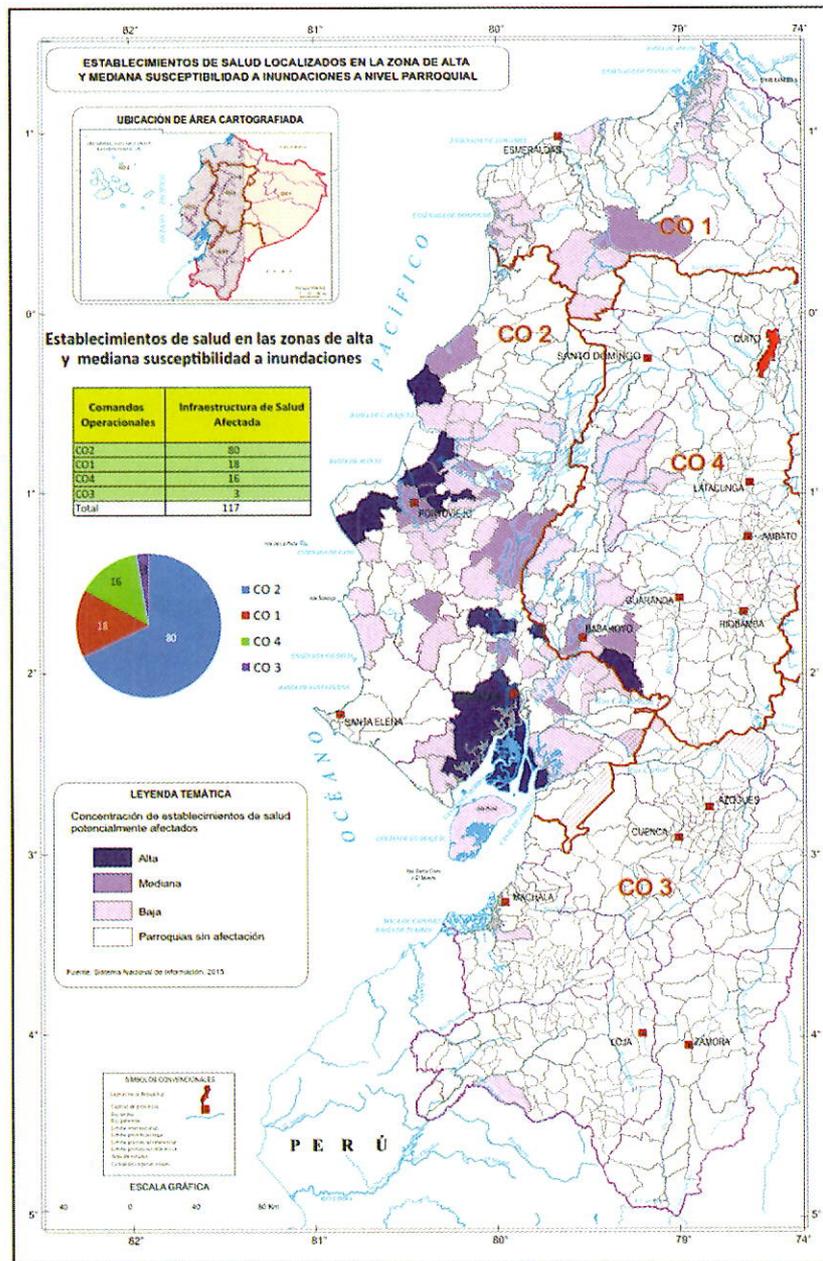
**Mapa 3:** Cobertura natural y uso del suelo en las zonas de alta y mediana susceptibilidad a inundaciones. El mapa muestra la cobertura natural que se encuentra en áreas susceptibles a inundaciones, así como la cobertura agropecuaria: arroz, banano, frutales, cultivos ciclo corto, cultivos permanentes, palma africana y pastizal. Resaltando los cultivos de arroz como zonas con susceptibilidad a inundaciones. Fuente: MAGAP – Ministerio del Ambiente, Mapa Cobertura y Uso del Suelo, 2014



Mapa 4: Población localizada en la zona de alta y mediana susceptibilidad a inundaciones a nivel parroquial. El mapa muestra las parroquias con su respectiva población localizadas en áreas susceptibles a inundaciones. Las parroquias con mayor población que se encuentran en zonas susceptibles a inundaciones son Guayaquil (Provincia Guayas), Portoviejo (Provincia Manabí), Daule (Provincia Guayas), Chone (Provincia Manabí).

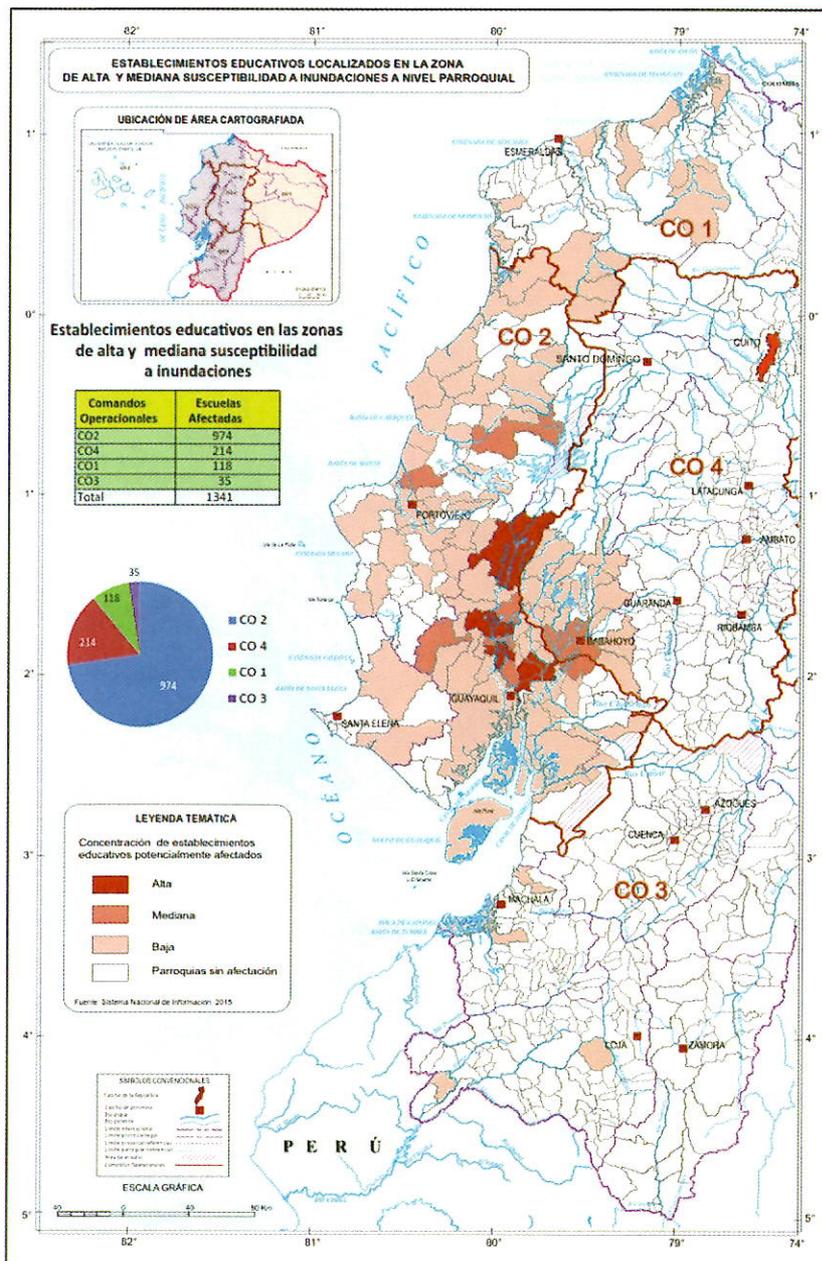
Fuente: INEC, Censo, 2010



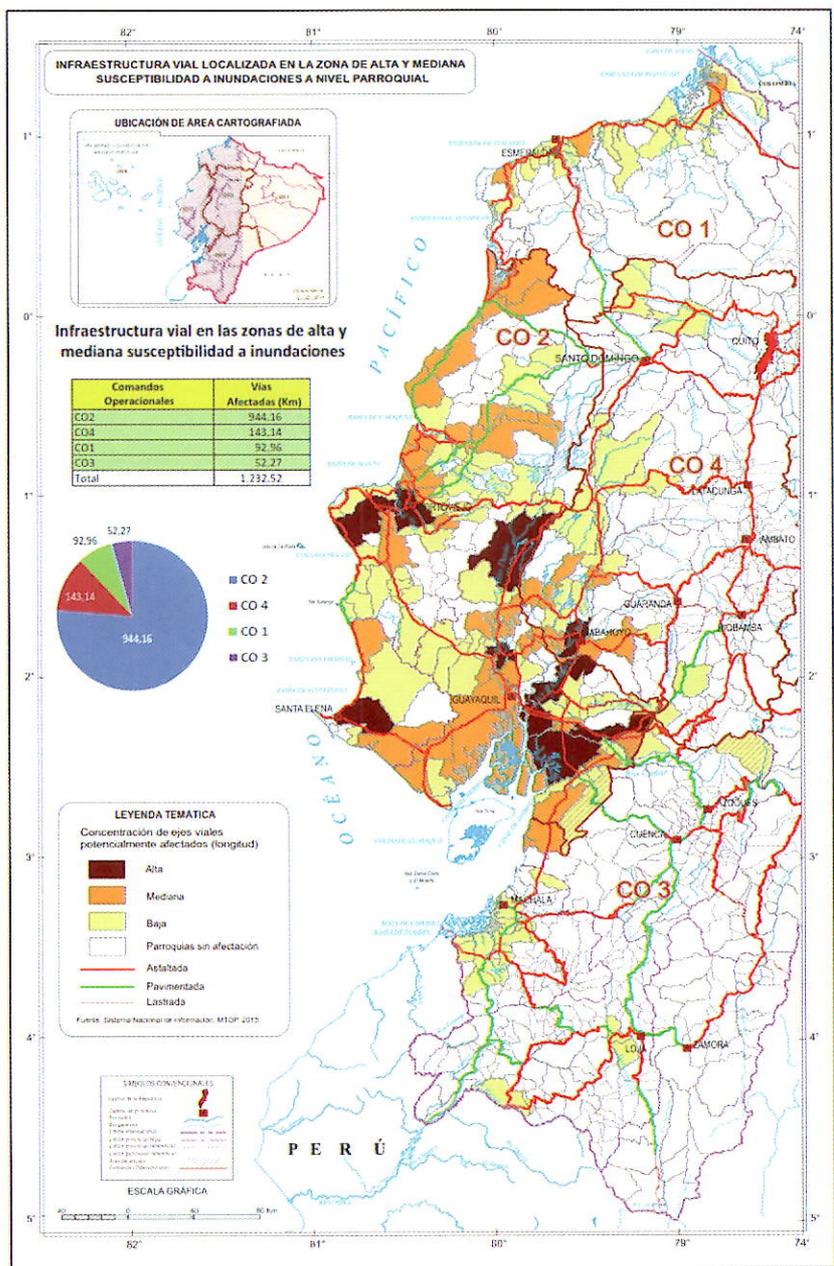


*Mapa 6: Establecimientos de Salud localizados en la zona de alta y mediana susceptibilidad a inundaciones a nivel parroquial. El mapa muestra las parroquias con el número de establecimientos de salud, de la parte rural, que se encuentran en zonas susceptibles a inundaciones. Las parroquias con mayor concentración de establecimientos de salud en áreas susceptibles a inundaciones son: Río Chico (Manabí) y Gral. Vernaza (Guayas).*

*Fuente: Establecimientos de Salud, Ministerio de Salud, 2015*



**Mapa 7:** Establecimientos Educativos localizados en la zona de alta y mediana susceptibilidad a inundaciones a nivel parroquial. El mapa muestra las parroquias con el número de establecimientos educativos, de la parte rural, que se encuentran en zonas susceptibles a inundaciones. Las parroquias con mayor concentración de establecimientos educativos en áreas susceptibles a inundaciones son: Santa Lucía, Daule y El Salitre en la Provincia de Guayas.  
Fuente: Establecimientos Educativos, Ministerio de Educación, 2015



*Mapa 8: Infraestructura vial localizada en la zona de alta y mediana susceptibilidad a inundaciones a nivel parroquial. El mapa muestra las parroquias con el porcentaje de vías principales en zonas susceptibles a inundación con respecto al total de vías principales. Las parroquias que poseen mayor concentración de vías en áreas susceptibles a inundaciones son: San Jacinto de Yahuachi (Guayas), Montecristi (Manabí), y El Triunfo (Guayas).  
 Fuente: Vías Principales, Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), 2015*

## Conclusiones

- El estudio permite evidenciarlas espacialmente las áreas que potencialmente podrían ser afectadas por la ocurrencia del Fenómeno de El Niño con una intensidad similar a lo sucedido en el período 1997 -1998.
- En lo referente a infraestructura los daños están relacionados con la afectación de 1.232,52 Km. de vía, 1.341 establecimientos educativos y 117 establecimientos de salud.
- En la parte económica se estima que los cultivos mayormente afectados son de arroz con 282.282,47 ha, banano 60.362,63 ha, y palma africana 69.103,86 ha.
- En lo referente a la población se constata que podrían ser afectadas 1 800 000 habitantes, que corresponden al 13% de la población ecuatoriana.
- Los mapas realizados constituyen herramientas útiles para dar a conocer las posibles afectaciones por inundaciones en la población, infraestructura de salud y educativa, cobertura del suelo e infraestructura vial, a nivel parroquial. Estos mapas tienen la ayuda de tablas y gráficos estadísticos para su mejor comprensión.

## Bibliografía

- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) (2016). El Niño 2015 -2016 Evolución y Perspectivas, Enero 2016. Recuperado en Enero 2016 de [http://www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1354&catid=78&Itemid=95&lang=es](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1354&catid=78&Itemid=95&lang=es).
- Corporación Andina de Fomento (CAF) (1998). El Fenómeno El Niño 1997 - 1998 Memorias, Retos y Soluciones Volumen IV. Quito, Ecuador.
- National Weather Service (2006). El Niño, La Niña and ENSO Public Fact Sheet, Maryland, United States of America.
- Trenberth, k & Stepaniak, D (2000). Indices of El Niño Evolution. Recuperado en Enero 2016 de [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442\(2001\)014%3C1697:LIOENO%3E2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442(2001)014%3C1697:LIOENO%3E2.0.CO;2)

## TÉCNICA DE LEVANTAMIENTO CARTOGRÁFICO ALTERNATIVO PARA LUGARES CON ESCASO ACCESO

Erazo, Catalina

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: [catalina.erazo@mail.igm.gob.ec](mailto:catalina.erazo@mail.igm.gob.ec) • Teléfono: (593) 3975100 • Ext. 2401

### Resumen

La aerofotogrametría y la tecnología aérea LIDAR necesitan de grandes extensiones para que su uso sea rentable. En este contexto, los Vehículos Aéreos no Tripulados son una alternativa para aquellos proyectos que demanden representar una porción de terreno extremadamente grande para la topografía convencional y de escaso acceso para algunos sistemas aéreos. Los Vehículos Aéreos no Tripulados generan levantamientos de precisión y están siendo utilizados en segmentos tan diversos como minería, agricultura, forestales, catastro y ordenamiento territorial. En la actualidad existen diversas opciones para capturar información geoespacial, en donde los Vehículos Aéreos no Tripulados se posicionan entre los levantamientos tradicionales con topografía de terreno y los levantamientos aéreos, ya sea por medio de aerofotogrametría o LIDAR. Un levantamiento aéreo con Vehículos Aéreos no Tripulados posibilita obtener una representación detallada del relieve y de las características cualitativas de este, mientras que los levantamientos convencionales se quedan solamente en la determinación de puntos para luego modelar mediante una malla de triángulos.

**Palabras Claves:** Vehículos Aéreos no Tripulados, levantamiento cartográfico, sistemas alternativos, captura de información.

### Abstract

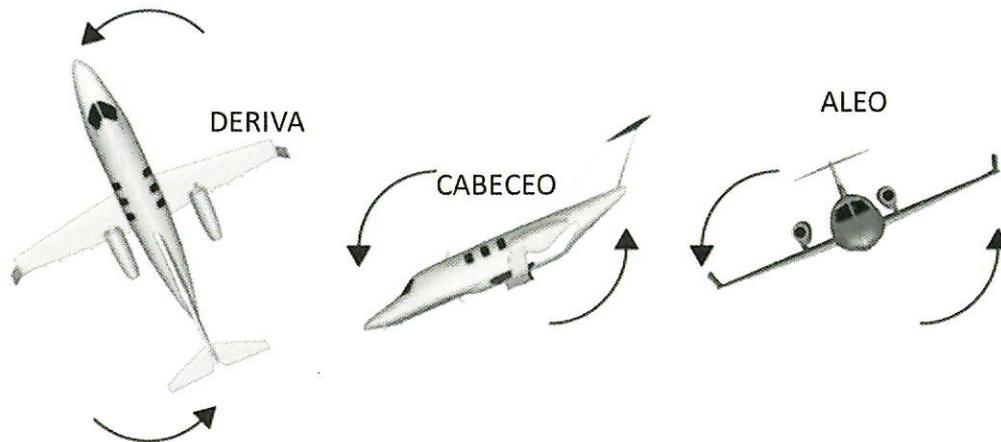
*Photogrammetry and aerial LIDAR technology require large areas to profitable use. In this context, the Unmanned Aerial Vehicle are an alternative for those projects represent an extremely large demand for conventional and limited access to some aerial systems portion of land topography. The UAVs generate precision surveys and are being used in such diverse segments such as mining, agriculture, forestry, land and land use planning. Currently there are several options for capturing geospatial information, where UAVs are positioned between traditional topography surveys with ground and aerial surveys, either through aerial photography or aerial survey LIDAR. Unmanned Aerial Vehicles allows a detailed representation of the relief and the qualitative characteristics of this, while conventional surveys only stay in determining points then modeled by a mesh of triangles.*

**Keywords:** Unmanned Aerial Vehicle, mapping, alternative systems and data capture.

## Introducción

La representación de la superficie terrestre es un requisito primordial para cualquier estudio geográfico. Actualmente se realizan levantamientos topográficos convencionales mediante instrumentos ópticos o por medio de métodos satelitales, así como levantamientos aéreos a través de la captura de imágenes o por medio de escáner láser. Sin embargo, la escasa cobertu-

Las orto-fotos elaboradas o los modelos digitales de elevación sirven como base para la cartografía, planificación y otras tareas topográficas. Al trabajar con Vehículos Aéreos no Tripulados, los vientos y los efectos térmicos pueden fácilmente producir vistas oblicuas en el orden de varios grados, registrados en los sistemas de medición inercial (aleo, cabeceo y deriva), ver figura 1.



**Figura 1.** Unidades de Medida del Sistema de Medición Inercial.  
Fuente: Vélez, C. (2009).

ra de los levantamientos topográficos tradicionales no entrega una solución final para aquellos proyectos que requieran abarcar áreas extensas y complejas.

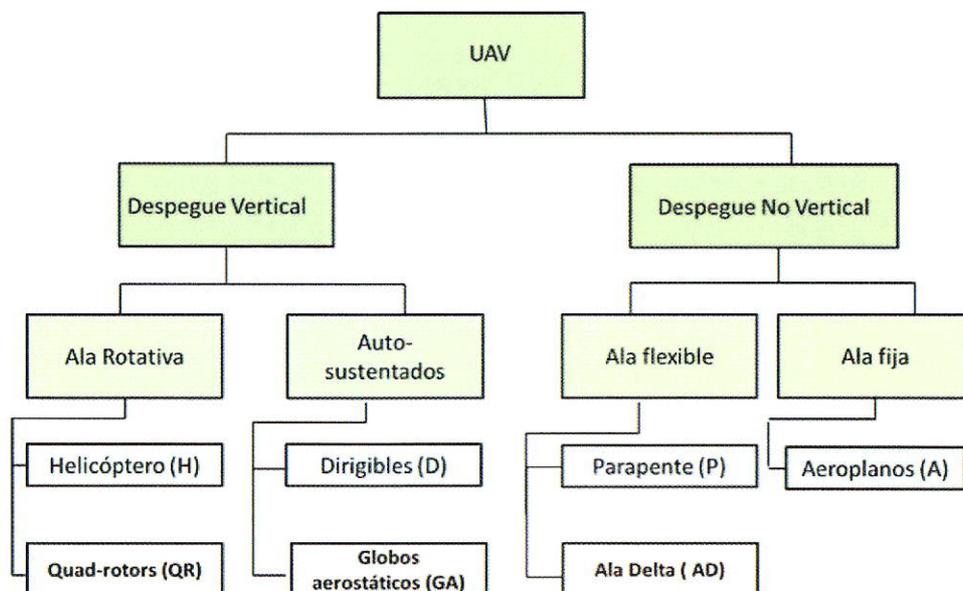
Hace algunas décadas las aeronaves no tripuladas han sido motivo de interés, en particular en el ámbito militar, los cuales en los últimos años han pasado de sistemas experimentales a equipos aptos para su uso profesional.

Los Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT's) se utilizan cada vez más en el sector geográfico y en cartografía como alternativa a los tradicionales métodos de levantamiento. Ellos son un recurso muy importante para muchas aplicaciones topográficas debido a sus ventajas en comparación con los tradicionales métodos de topografía.

Según Barrientos, 2013, estas nuevas herramientas convencer en cuanto a eficiencia de costos, flexibilidad y calidad de datos; para algunas aplicaciones, tales como: minería, forestal, hidrología, medición de volúmenes, entre otros. Los Vehículos Aéreos no Tripulados son un soporte de los métodos topográficos tradicionales en cuanto a problemas difíciles de resolver. Para aplicaciones de topografía, pequeños aviones no tripulados o aparatos tipo multicopter toman imágenes aéreas de la zona de interés y se calculan a partir de los datos capturados orto-fotos verdaderas o modelos digitales de elevaciones.

Estas imágenes inclinadas son un problema para el software de fotogrametría tradicional, pero debido a los recientes acontecimientos en soluciones tecnológicas en visión computarizada (computervision), nuevo software de post-procesamiento existentes son no sensibles a las imágenes altamente inclinadas (como por ejemplo: PhotoScan Pro de Agisoft y el software Pix4 Vehículos Aéreos no Tripulados de Pix4D). La orientación de la cámara se reconstruye a partir de los datos propios de la imagen con gran precisión y la exactitud (de Madrid, C., 2015).

Existen diferentes tipos de Vehículos Aéreos no Tripulados, entre los más utilizados están los de ala fija y los de tipo helicóptero, dependiendo de la actividad o levantamiento que se desee realizar uno y otro tiene ventajas y desventajas, así: los Vehículos Aéreos no Tripulados de ala fija tienen una gran ventaja sobre los helicópteros, y es el tiempos de vuelo más largos. El área cubierta por un Vehículo Aéreo no Tripulado de ala fija se encuentra típicamente en el orden de unos pocos kilómetros cuadrados, mientras los Vehículos Aéreos no Tripulados de tipo multi-rotor (helicóptero) normalmente se centran en pequeñas áreas urbanas o edificios. Las aplicaciones de los Vehículos Aéreos no Tripulados de ala fija en su mayoría se usan fuera de las zonas urbanas e incluso en áreas remotas, con poca o ninguna infraestructura. Otra ventaja clara es la capacidad de carga más alta de las aeronaves de tipo ala fija. Esto permite que el sistema lleve una



Cuadro 1. Clasificación de VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS según tipo de aeronave  
Fuente: Barrientos, J., 2013

cámara más avanzada, la cual habilita la toma de imágenes de alta calidad (Barrientos, 2013).

Los drones, en los últimos años, se han convertido en una herramienta de obtención de información muy útil y eficaz que ahorra tiempo, reduce los costes y genera resultados que dependiendo de la escala servirá para realizar diferentes estudios temáticos y cartografía de lugares con escasos accesos para algunos sistemas aéreos.

Existe en la actualidad un espectro amplio de posibles aeronaves con capacidad de realizar misiones con ciertos grados de autonomía. En el pasado estos vehículos no tripulados eran denominados ROA, en la actualidad se utiliza el término VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS o más recientemente UAS, en sí, la denominación hace referencia a la ausencia de tripulación en el vehículo, pero esto no necesariamente es sinónimo de autonomía (Vélez, 2009).

## Objetivo

El objetivo de esta investigación es difundir y resaltar las características y tecnologías de aplicaciones con los Vehículos Aéreos no Transportados.

### Clasificación vehículos aéreos no tripulados

#### 1. Tipo de aeronave

Se puede distinguir aquellas de despegue vertical de los que no lo son, en la primera categoría están los Vehículos Aéreos no Tripulados de alas rotativas o hélice (helicóptero y quad-rotors entre otros), los autos sustentados (dirigibles y globos). Los de Despegue no vertical están: los de ala flexible (parapentes, ala delta) y los

de ala fija (aeroplanos), ver cuadro 1, (Barrientos, 2013).

#### 2. Características de los principales tipos de aeronaves

Los Vehículos Aéreos no Tripulados tienen diferentes presentaciones y por lo tanto las aplicaciones varían mucho de un tipo de aeronave a otra, cubriendo cada uno de ellos un espectro de aplicabilidad diferente. En el cuadro 2 se puede clasificar los Vehículos Aéreos no Tripulados por las características de los principales tipos de aeronaves.

#### 3. Capacidades de vuelo (alcance, altitud, autonomía)

Otro criterio de clasificación puede hacer referencia a las capacidades de vuelo que tengan los Vehículos Aéreos no Tripulados, alcance, altitud, autonomía. Se debe mencionar en este punto que los Vehículos Aéreos no Tripulados actualmente se encuentran dentro de la categoría Mini (alcance menor a 10 Km) y MR (alcance entre los 70 a 200 Km), siendo el vehículo más frecuentemente utilizado el aeroplano. En la actualidad, dentro de las aplicaciones civiles, el helicóptero presenta ventajas, cubriendo principalmente la categoría de micro (alcance menores a 10 Km) o Mini, ver cuadro 3, (Barriento, 2013).

#### 4. Máxima carga en el despegue

Se puede realizar una clasificación según la capacidad de carga útil, la misma que es medida como capacidad de carga en el despegue (TOW), en donde podemos ver una relación directa entre la Carga Máxima de despegue TOW y el alcance típico, según cuadro 4, (Barriento, 2013).

Cuadro 2. Clasificación de Vehículos Aéreos no Tripulados por características de los principales tipos de aeronaves

CARACTERÍSTICAS	HELICÓPTEROS	AEROPLANOS	DIRIGIBLES	QUAD- ROTORS
Capacidad de vuelo estacionario	***		****	***
Velocidad de desplazamiento	***	****	*	**
Maniobrabilidad	***	*	*	****
Autonomía de vuelo ( tiempo)	**	***	****	*
Resistencia a perturbaciones externas ( viento)	**	****	*	**
Auto Estabilidad	*	***	****	**
Capacidad de vuelos verticales	****	*	**	****
Capacidad de carga	***	****	*	**
Capacidad de vuelo en interiores	**	*	***	****
Techo de vuelo	**	****	***	*

Fuente: Barrientos, J., 2013

### 5. Según el nivel de autonomía

Por último se puede establecer una clasificación según el nivel de autonomía de los Vehículos Aéreos no Tripulados, ver cuadro 5, (Barriento, 2013).

### Proceso general de obtención de datos con vehículos aéreos no tripulados

Las nuevas herramientas tecnológicas permiten obtener datos con una resolución temporal reducida y con una alta resolución espacial, tanto de fotografías como de puntos. Las imágenes tomadas

Cuadro 3. Clasificación de Vehículos Aéreos No Tripulados por sus capacidades de vuelo.

CATEGORÍA	ACRÓNIMO	ALCANCE (Km)	ALTITUD DE VUELO (m)	AUTONOMÍA (Horas)	CARGA MÁXIMA EN DESPEGUE (Kg)
Micro	μ ( Micro)	< 10	250	1	< 5
Mini	Mini	< 10	150 a 300	< 2	< 30
Alcance cercano	CR	10 - 30	3.000	2 - 4	150
Alcance corto	SR	30 - 70	3.000	3 - 6	200
Alcance medio	MR	70 - 200	5.000	6 - 10	1.250
Altitud baja, penetración profunda	LADP	> 250	50 - 9.000	0,5 - 1	350
Autonomía media	MRE	> 500	8.000	10 - 18	1.250
Autonomía alta, Altitud baja	LALE	> 500	3.000	> 24	< 30
Autonomía alta, Altitud Media	MALE	> 500	14.000	24 - 48	1500
Autonomía alta, Altitud alta	HALE	> 2000	20.000	24 - 48	12.000
Combate	UCAV	aprox. 1500	10.000	aprox. 2	10.000
Ofensivo	LETH	300	4.000	3 - 4	250
Señuelo	DEC	0 - 500	5.000	< 4	250
Estratosférico	STRATO	> 2000	Entre 20.000 y 30.000	> 48	No disponible
Exo- estratosférico	EXO	No disponible	> 30,000	No disponible	No disponible

Fuente: Barrientos, J., 2013 – AUVSI, 2013.

Cuadro 4. Clasificación de VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS según la máxima carga en el despegue.

CLASE DE UAV	MÁXIMA TOW (Kg)	RANGO	TÍPICO ALCANCE (Km)	TÍPICA ALTURA MÁXIMA (m)
Clase 0	< 25	Cercano	15	300
Clase 1	25-500	Corto	15-150	4500
Clase 2	500-2000	Medio	150-1000	9000
Clase 3	> 2000	Largo	> 1000	> 3000

Fuente: Barrientos, J., 2013

Cuadro 5. Clasificación de VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS según el nivel de autonomía.

PARÁMETRO	BLANCO MÓVIL (DRONE)	NIVEL 1 NO AUTÓNOMO	NIVEL 2 MANIOBRA AUTÓNOMA	NIVEL 3 PILOTO INTELIGENTE LIMITADO	NIVEL 4 PILOTO INTELIGENTE COMPLETO
Trayectoria de vuelos en 4 dimensiones	Preprogramada	Preplanificada. Preprogramada	Preplanificada. Preprogramada	Parcialmente autónomo. Posibilidad de cálculo de ruta	Posibilidad de cálculo de ruta
Presencia de piloto	Por seguridad	Guiado y control continuo	Como Nivel 1	Supervisión continua. Guiado y control ocasional	Solo como respaldo
Posibilidad de actuación del piloto	Solo en despegue y aterrizaje	Manipulación	Como Nivel 1	Posible	Solo como respaldo
Necesidad de actuación del piloto	Solo en FTS	En todos los casos	Cuando no hay maniobra automática	Ocasionalmente	Solo como respaldo
Piloto automático	No	No	No	No	No
Presencia de ATC	Supervisión	Contacto continuo con el operador	Contacto continuo con el operador	Contacto continuo con el operador	Contacto continuo con el operador
Intervención de ATC	Petición o activación del FTS	Por petición del operador	Por petición del operador	Por petición del operador o del piloto automático	Por petición del piloto automático o del operador

Fuente: Barriento, 2013

desde un Vehículos Aéreos no Tripulados son subortogonales, ya que rara vez son totalmente ortogonales, la precisión de los GPS de abordo son de varios metros (incluso 10-20 m), por lo que las precisiones de centímetros del trabajo final ha de obtenerse mediante puntos de control en el terreno ver Figura 2, (Garfei, Aeroproducción, 2013).

La elección de la escala es fundamental. La escala apropiada será la que permita ver todos los elementos deseados claramente, dependiendo de los objetivos que se quieran alcanzar, la captura de fotografías puede ser desde cámaras digitales convencionales, con una focal fija o una cámara multispectral que capte la radiación en otras bandas del espectro electromagnético,



Figura 2. Trabajo fotogramétrico con Vehículos Aéreos no Tripulados. Fuente: Garfei-Aeroproducción, 2013.



**FIGURA 3.** Nube de puntos y ortofoto con Vehículos Aéreos no Tripulados  
Fuente: Garfei y Aeroproducción, 2013.

siendo estas calibradas dependiendo de la humedad y de la temperatura de la zona; para la obtención de los datos es importante tomar en cuenta las condiciones atmosféricas, las cuales afectan en gran medida ya que pueden provocar errores en la captación de datos por ello es importante la formación del piloto que maneje los Vehículos Aéreos no Tripulados, además de disponer de procedimientos de vuelo condicionados a la meteorología (Garfei y Aeroproducción, 2013).

**Proceso de gabinete**

Una vez tomada las fotografías y obtenidas las coordenadas de los puntos de apoyo, se realiza el cálculo de los parámetros de orientación de cada una de las fotografías, a través de modelos matemáticos basados en ecuaciones de colinealidad, siendo el resultado de este proceso la obtención de los parámetros de orientación externa de cada una de las fotografías (ver ecuación 1).

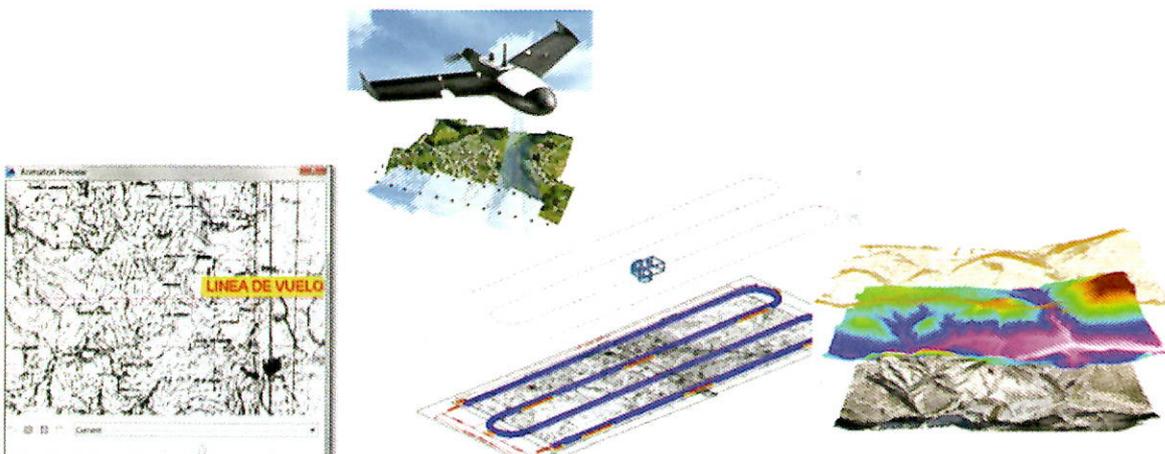
Existen programas como Photoscan o Pix 4D que se encargan de generar modelos con el conjunto de datos obtenidos. La densidad de nube de puntos crea-

da con coordenadas (x,y,z) es el indicador del detalle de la información a menor puntos menor resolución espacial (de Madrid, C,2015).

**Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados**

Se debe tomar en cuenta que fue el sector militar donde surgieron y fueron impulsados en su desarrollo los Vehículos Aéreos no Tripulados, y hace 15 años ha surgido diferentes aplicaciones civiles que han ampliado el interés en estos instrumentos, donde la investigación y el desarrollo de sistemas han originado nuevos requisitos en su operatividad.

Mientras en las aplicaciones militares la mayor parte de los Vehículos Aéreos no Tripulados existentes son del tipo aeroplano y responde a las categorías Mini en adelante, para aplicaciones civiles, la maniobrabilidad y capacidad de vuelo estacionario de los helicópteros ha hecho que sea este tipo de aeronave el más frecuente. Dentro de las aplicaciones de uso de Vehículos Aéreos no Tripulados , en diferentes proyectos y/o aplicaciones, según (Fervercom, 2015), tenemos:



**FIGURA 4.** Proceso fotogramétrico con Vehículos Aéreos no Tripulados  
Fuente: Guamán & Paredes, 2014

$$\begin{pmatrix} r_x \\ r_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -(F_x)_0 \\ -(F_y)_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{14} & B_{15} & B_{16} & -B_{11} & -B_{12} & -B_{13} & B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{24} & B_{25} & B_{26} & -B_{21} & -B_{22} & -B_{23} & B_{21} & B_{22} & B_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dw \\ d\phi \\ dk \\ dX_0 \\ dY_0 \\ dZ_0 \\ dX \\ dY \\ dZ \end{pmatrix} \quad (1)$$

**1. Control de calidad del aire:** Los nuevos sensores electrónicos de medida de la concentración de gases contaminantes permiten desarrollo de equipos miniaturizados que van soportados en drones.

**2. Prospección y explotación de recursos mineros:** Los Vehículos Aéreos No Tripulados en la minería, apoyan indudablemente en la recolección de datos en lugares inaccesibles, abaratando costos y tiempo. Son utilizados concretamente en prospección geológica minera.

**3. Hidrografía:** Los Vehículos Aéreos No Tripulados son utilizados en la elaboración de cartografía para hidrología o estudios de cuencas, ortofoto a bajo costo, además realiza aplicaciones de contaminación con IR o multiespectral, evaluación de impacto ambiental, vigilancia de las industrias para poseer sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**4. Agricultura:** Los drones actualmente son una herramienta agrícola más para el agricultor, ya que pueden estar instaladas diferentes tipos de sensores (vídeo, infrarrojo, térmico, etc) que facilitan la mejor disponibilidad de los datos, los

costos son accesibles.

**5. Aplicación al seguimiento fitosanitario de masas forestales:** Este proyecto utilizó drones con sensores multiespectrales a bordo, a fin de estudiar la sanidad forestal en una región, además, el uso de los Vehículos Aéreos No Tripulados sirvió para dar seguimiento a escala local de los puntos de interés.

**6. Extinción Nocturna de incendios forestales:** Combatir los incendios forestales por las noches se ha transformado en un grave problema actual, el uso de drones permitió la operación nocturna desde el aire en la extinción de incendios forestales, eliminando los riesgos para los seres humanos y aumentando la precisión y concentración de las descargas, además de incrementar la cantidad de agua lanzada tanto por hora de operación como por hora de vuelo y abaratando los costos.

**7. Documentación de patrimonio:** Los Vehículos Aéreos No Tripulados conjuntamente con la fotogrametría de objetos cercanos, es una técnica adecuada para el levantamiento y reconstrucción geométrica de edificios.

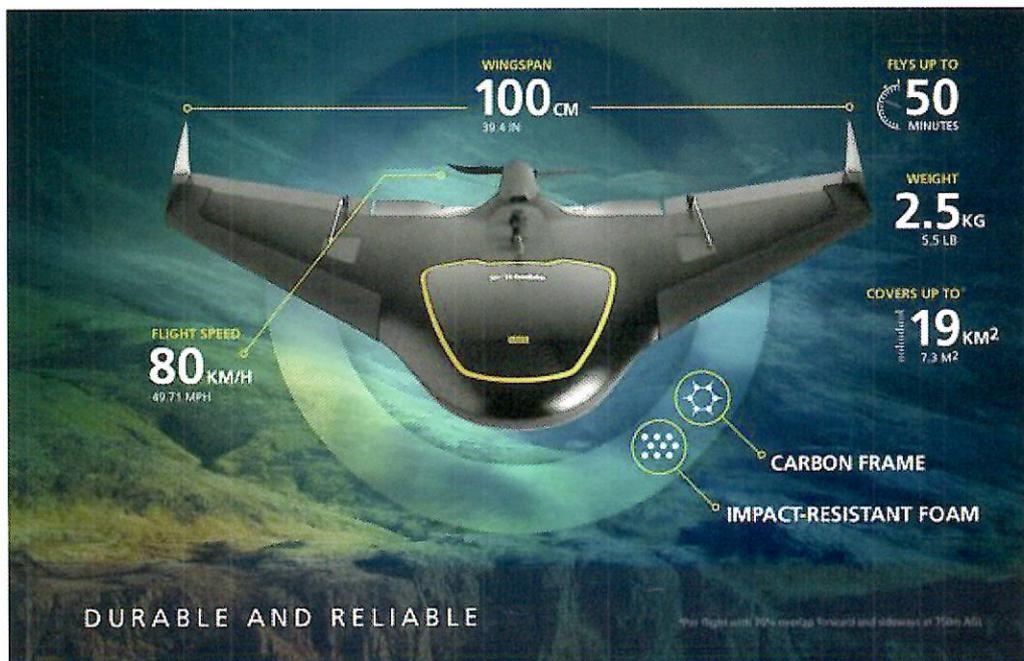


FIGURA 5. Vehículos Aéreos No Tripulados Trimble Ux5 – Instituto Geográfico Militar  
Fuente: Trimble, 2013



FIGURA 6. Ortofoto de la zona donde se encuentra la Estación Pedro Vicente Maldonado- Antártida- Instituto Geográfico Militar.  
FUENTE. Instituto Geográfico Militar. Año 2014-2015

**8. Seguridad al control de fronteras:** Los drones han sido utilizados por la milicia, para la vigilancia y seguridad en las fronteras, en diferentes problemáticas como control de tráfico de drogas, entre otras.

**9. Mantenimiento de Líneas Eléctricas:** Estos dispositivos permiten realizar: inspección intensiva de líneas, en caso de averías con el fin de obtener una visión general de los daños en entornos de difícil acceso, en transporte de cargas o manipulación de objetos que estén en lugares de difícil acceso, en el tendido de cable piloto que es más ligero que el tendido final.

**10. Auditorías energéticas con termografía aérea:** Las aplicaciones de la termografía infrarroja son casi infinitas, pues todos los cuerpos emiten calor. La inspección termográfica aérea es una gran herramienta que permite obtener un punto de vista

nuevo y muy relevante por el ángulo y la distancia a la que son tomadas, otra ventaja de los Vehículos Aéreos No Tripulados es que aumenta la velocidad de inspección de un lugar en grandes superficies para inspeccionar.

Debido a la madurez de las tecnologías aplicadas en los Vehículos Aéreos No Tripulados y su demostrada capacidad operativa en aplicaciones militares la implantación de estos vehículos en el mercado civil de trabajos o vigilancia aéreos es imparable dada que su eficacia operativa y eficiencia económica son mucho mayores a los realizados por aviones tripulados.

**El Instituto Geográfico Militar y los vehículos aéreos no tripulados**

Siendo la misión del Instituto Geográfico Militar ejecutar actividades de investigación, generación y

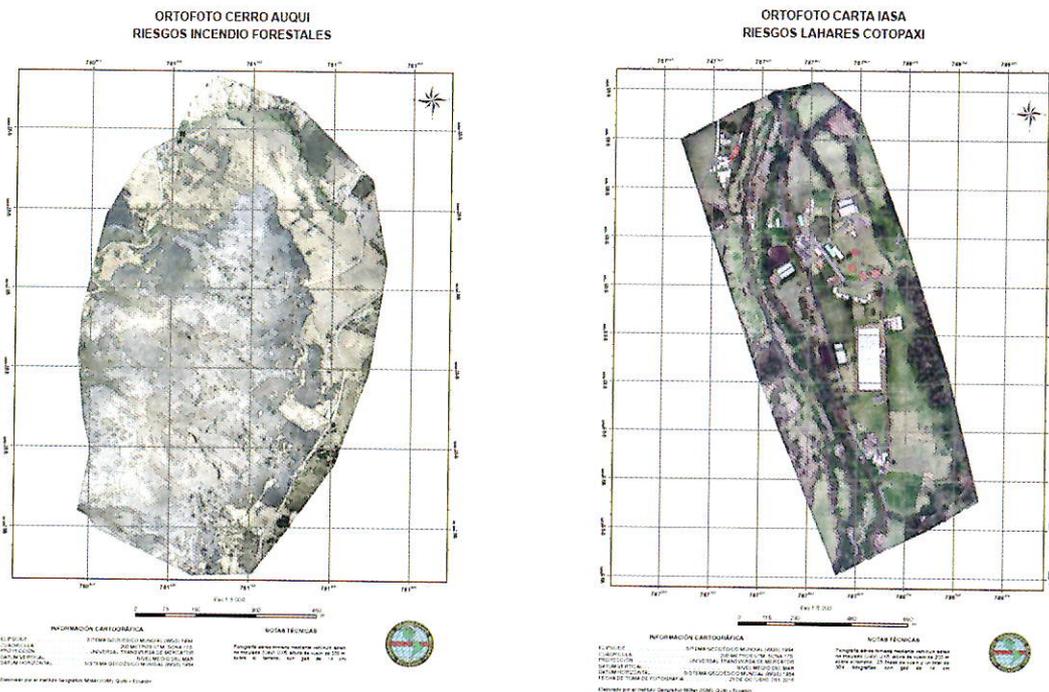


FIGURA 7. Ortofoto del Cerro Auqui – Quito, Ortofoto IASA-SANGOLQUÍ – Instituto Geográfico Militar.  
FUENTE. Instituto Geográfico Militar. Año 2015

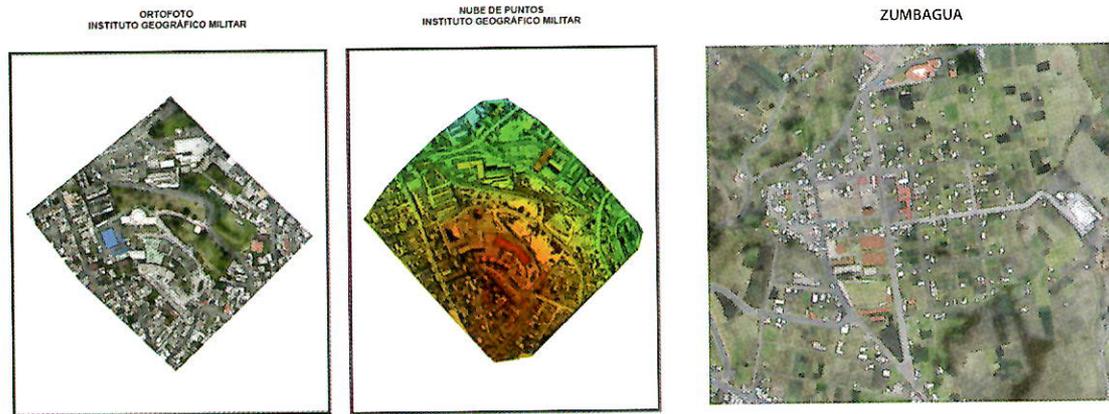


FIGURA 8. Ortofoto del IGM, Nube de puntos del IGM, ZUMBAGUA– Instituto Geográfico Militar  
FUENTE. Instituto Geográfico Militar. Año 2015

control de geo información en los ámbitos de geodesia, geomática, cartografía en líneas de investigación de las ciencias de la Tierra en apoyo a la defensa, seguridad, desarrollo nacional y apoyo a la gestión de riesgos, desde el año 2015, la gestión de geoinformación adquirió un Vehículo Aéreo No Tripulado (Trimble UX5. Figura 5) con el fin de incursionar en el uso de nuevas tecnologías que permitan agilizar el levantamiento de la cartografía requerida.

La adopción y el buen uso de las tecnologías aéreas, satelitales y digitales, permiten al IGM, específicamente a la gestión de geoinformación, a través de su área de fotografía aérea, realizar, generar e identificar la información pertinente para el levantamiento cartográfico, a fin de participar en diferente investigación relacionadas con las ciencias de la tierra.

Las principales características del Vehículo Aéreo No Tripulado (Trimble Ux5), según manual de usuario son:

- Adquisición de imágenes de alta calidad y precisión.
- Puede utilizarse en todo tipo de clima y terreno
- Empuje de reversa para aterrizajes precisos en espacios confinados.
- Preparado para uso intensivo
- Una solución duradera y confiable
- Flujos de trabajo de Trimble Access completamente automatizados que facilitan el uso y permiten la operación segura.

- Procesamiento de datos simple con el módulo de fotogrametría de Trimble Business Center.

El Instituto Geográfico Militar ha realizado algunos proyectos de diferente temática, utilizando el Vehículo Aéreo No Tripulado, y generando ortofotos a escala 1:5000. Su primer proyecto fue en la Estación Pedro Vicente Maldonado (ver figura 6).

Luego han seguido los siguientes proyectos:

Ortofoto Cerro Auqui, insumo para planificación de riesgos en incendios forestales.

Ortofoto de la hacienda del IASA, insumo para planificación de riesgos de lahares del Cotopaxi (ver figura 7).

A fin de realizar maquetas en 3D se ha realizado la ortofoto de IGM y Zumbagua a escala 1:5000, figura 8.

#### NORMATIVAS ECUATORIANAS PARA EL USO DE DRONES

La Dirección General de Aviación Civil (DAC) de Ecuador, emitió una normativa a través de la resolución No. 251 del 17 de septiembre del 2015, la misma que señala:

1. Se prohíbe la operación con Vehículos Aéreos No Tripulados en espacios aéreos controlados. Las operaciones deben mantenerse durante el vuelo a una distancia igual o mayor a 9 km de las proximidades de cualquier aeródromo o base aérea militar.
2. La altura máxima de vuelo es de 400 pies (122 metros) sobre el terreno.

De 02 a 25 kg. De masa máxima de despegue	USD. 3.000,00
De más de 25 kg de masa máxima de despegue	USD. 5.000,00

3. Los Vehículos Aéreos No Tripulados serán operados solamente en las horas comprendidas entre la salida y la puesta del sol; y en condiciones meteorológicas de vuelo visual, esto es libre de nubes, neblina, precipitación o cualquier otra condición que obstruya o pueda obstruir el contacto visual permanente con la de Vehículos Aéreos No Tripulados.
4. La persona que opera los controles de los Vehículos Aéreos No Tripulados será responsable por la operación general de la misma durante todo el vuelo, en forma solidaria con el propietario de la aeronave.
5. Ninguna persona operará los controles de un Vehículo Aéreo No Tripulado si:
  - a. *Se encuentra fatigado, o si considera que pudiera sufrir los efectos de la fatiga durante la operación.*
  - b. *Se encuentra bajo el efecto del consumo de bebidas alcohólicas, o de cualquier droga que pueda afectar sus facultades para operar los controles de manera segura.*
6. Si el Vehículo Aéreo No Tripulado tiene la capacidad de realizar vuelo automático, esta función podrá ser utilizada solamente si le permite al operador de los controles intervenir en cualquier momento para tomar el control inmediato de la aeronave.
7. La persona que opera los controles es responsable por asegurarse que el Vehículo Aéreo No Tripulado sea operada de acuerdo con las limitaciones operacionales establecidas por el fabricante.
8. El propietario del Vehículo Aéreo No Tripulado está en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, para lo cual debe contratar la póliza de seguros de responsabilidad civil legal a terceros en los montos mínimos establecidos en la tabla que consta a continuación:

## CONCLUSIONES

En el presente artículo se resaltó las características y tecnologías en diferentes aplicaciones con vehículos Aéreos no Tripulados, siendo la más detallada la utilizada para cartografía.

El uso de los drones contribuye a la obtención de datos espaciales en un período corto de tiempo y con una alta resolución espacial a un costo reducido. Anteriormente a su aparición, todo dependía de la disponibilidad de satélites, de aviones tripulados o de la cartografía realizada con exhaustivos trabajos de campo.

Hoy en día las aplicaciones de los Vehículos Aéreos No Tripulados para cartografía son múltiples, abarcando diversos campos del conocimiento: el medio ambiente, la agricultura, las actividades industriales, el urbanismo... etc. Aunque es importante destacar que a nivel normativo, y hasta la fecha, únicamente se pueden realizar operaciones con vehículos aéreos no tripulados en espacios aéreos no controlados, además, todos los levantamientos aerofotogramétricos, con Vehículos Aéreos No Tripulados necesitan puntos de control terrestre, los cuales deben ser identificados claramente en la imagen. Por lo tanto, el tamaño de los puntos de control y la precisión de estos es un tema fundamental para el correcto procesamiento de los datos.

Otro elemento interesante de analizar es la altura de vuelo, elemento vital para alcanzar la escala que requiere según el levantamiento realizado. En este punto se debe tomar una decisión considerando la escala y la productividad que se necesita. A mayor altura, más productividad, logrando píxeles más grandes y, por lo tanto, menos representativos a ciertas escalas y viceversa.

La planificación de vuelo, elegir adecuadamente la superficie a levantar, traslape de las fotografías, líneas de vuelo, tiempo de vuelo y otros, implica que el vuelo se desarrolle conforme a estándares establecidos, además se debe tomar en cuenta la capacitación que tenga el técnico que esté maniobrando el Vehículo Aéreo No Tripulado.

A pesar de las condiciones indicadas, el empleo de esta tecnología supone más ventajas que inconvenientes en el resultado final, lo que unido a la reducción de costos que tendrá a medio plazo, hará de ello una tecnología por la que apostar para las Aplicaciones Cartográficas.

## NOMENCLATURA

**LIDAR:** Light Detection and Ranging (detección de imágenes por luz y distancia).

**UAV - UAS:** Unmanned Aerial Vehicle (Vehículos Aéreos no Tripulados).

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica.

**ROA:** Remotely Piloted Aircraft (Aviones dirigidos por control remoto).

**AUVSI:** Association for Unmanned Vehicle Systems International (Asociación del Sistema Internacional de Vehículos Aéreos no Tripulados).

## Bibliografía

- Barrientos, A., Cerro del, J., Guitiérrez, R., San Martín, A. & Rossi, C. (2015). Vehículos Aéreos no Tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones. Grupo de Robótica y Cibernética, Universidad Politécnica de Madrid. <http://webdiis.unizar.es/~neira/docs/ABarrientos-CEDI2007.pdf> fecha de consulta: 18 febrero 2016.
- Barrientos, A., Cerro del, J., Guitiérrez, R., San Martín, A. & Rossi, C. (2006). Embeded Control System Architecture Applied to a Unmanned Aerial Vehicle. IEE International Conference of Mechatronic, ICM 06. Budapest, Hungría.
- De Madrid, C. (2015). Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería. Gráficas Arias Montano, S.A.
- Garfei Ingeniería, Aero producciones, prespectives imposibles. (2013). Producción Cartográfica con VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS.
- Geosoluciones. (2015). Fotografía Aérea con VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS. [http://www.geosoluciones.cl/fotos-aereas-con-Vehículos Aéreos no Tripulados /](http://www.geosoluciones.cl/fotos-aereas-con-Vehículos_Aéreos_no_Tripulados/) fecha de consulta: 18 febrero 2016.
- Guamán, D. & Paredes, D. ( 2014). Diseño e implementación de un sistema automatizado de prevuelo para el prototipo VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS 1 Fénix de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8175/2/T-ESPEL-ENI-0316-P.pdf>. Fecha de consulta: 18 febrero 2016.
- López, C., & Martín Sánchez, D. (2015). Aplicaciones de los drones a la prospectiva y explotación de recursos minerales. <http://www.interempresas.net/Mineria/Articulos/135030-Aplicaciones-de-los-drones-a-la-prospeccion-y-explotacion-de-recursos-minerales.html> . Fecha de consulta: 18 febrero 2016.
- Registro oficial No. 251 del 17 de septiembre del 2015, normativa emitida por la DAC para uso de Vehículos Aéreos no Tripulados .
- Trimble, (2013). Trimble UX5 Aerial Imaging Solution. User Guide.
- Vélez, C. (2009). Control de sistemas de aeronaves no tripulado (UAS). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.

## GEODATOS Y SERVICIOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS: ESTUDIO COMPARATIVO

Pástor Paz, Jacob

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: [jacob.pastor@mail.igm.gob.ec](mailto:jacob.pastor@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext.2401

### Resumen

La gestión de riesgos por su relevancia y por las implicaciones que tiene sobre la sociedad, la economía y el ambiente, es uno de los componentes de la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2015-2030, acordada por el Ecuador y otros países en la Asamblea General de las Naciones Unidas (NNUU) en 2015. En la gestión de riesgos confluyen, de manera general, tres grupos de actores: Los tomadores de decisiones, las agencias productoras de información y la comunidad. Las Fuerzas Armadas del Ecuador, apoyan en la gestión de riesgos mediante el Instituto Geográfico Militar del ejército, como una agencia productora de información geográfica fundamental(básica) y proveedora de servicios de información geográfica. Una gestión efectiva antes, durante y después de una emergencia – en el ámbito de la generación de información depende, en parte, del cumplimiento de un conjunto de criterios de calidad. Entre otros criterios, la calidad de la información está determinada por el uso de estándares, protocolos, el entrenamiento del personal, la infraestructura tecnológica y organizacional. Sin embargo, existe también otro conjunto de criterios de calidad que las agencias nacionales de mapeo a nivel internacional están implementando.

Este artículo presenta los resultados de la evaluación de la calidad de la producción de información geográfica y la provisión de servicios del Instituto Geográfico Militar, empleando indicadores diseñados por la UN GGIM en un contexto de gestión de riesgos. Los indicadores a evaluarse son: La disponibilidad, la usabilidad y la accesibilidad de la información. Los resultados de la evaluación son después comparados con los indicadores promedio globales, de una encuesta realizada por la UN-GGIM a agencias Nacionales de Mapeo de países en vías de desarrollo de los cuatro continentes. Los resultados del análisis relevan amplias ventajas relativas del Instituto Geográfico Militar y del Ecuador como país, respecto de otras Instituciones pares en un contexto internacional, en el marco de la gestión de riesgos.

**Palabras clave:** Información geográfica, servicios de información geográfica, gestión de riesgos y reducción de desastres.

### Abstract

*The Sustainable development Agenda (2015-2030) agreed in the General Assembly of the United Nations includes risk management and disaster risk reduction as a challenge to be addressed due to the potential implications it can have over the society, the market and the environment. Risk management brings together three major counterparts: Decision makers, data collection agencies and the community. The Ecuadorian Army – through the Military Institute of Geography (IGM, by its Spanish Acronym) - supports risk management efforts as a geographic information producer and as a provider of geographical information services. An effective risk management – before, during and after an emergency – in the context of the geographical information generation depends partly on the fulfillment of a set of quality criteria. Under this criteria, geographic information quality is determined by the use of standards, protocols, personal training, technological infrastructure and organizational arrangements. However, there is another set of quality criteria that is currently being adopted internationally by national mapping agencies.*

*This article presents the results of an assessment undertaken to measure the quality of the geographic information and services provided by the Military Institute of Geography. This assessment employs the criteria and indicators developed by the UN-GGIM and these include the availability, accessibility and usability. These results are later compared to the global average results for the same quality indicators coming from the survey undertaken by the UN-GGIM for National Mapping Agencies located in developing countries. The results show significant relative advantages of the Military Institute of Geography over other world National Mapping Agencies, in the context of risk management and geographic information generation services provision.*

**Keywords:** Geographic information, geographic information services, risk management and disaster risk reduction.

## Introducción

La gestión de riesgos es un proceso complejo en donde intervienen varios actores. Estos actores incluyen, entre otros, a la comunidad, los tomadores de decisiones y las agencias generadoras de información estadística y geográfica. Éstas últimas en particular, tienen un papel preponderante al suministrar información (evidencia) que sustenta, entre otras acciones, la planificación, la evaluación riesgo, la gestión de la evacuación, la evaluación del impacto económica, etc. Para ello, es vital contar con información sobre los peligros (amenazas) y aquellos elementos que potencialmente pueden ser impactados. Éstos últimos incluyen, por ejemplo a la población, las vías, las viviendas, el suelo, etc. Los peligros incluyen a fenómenos de origen sísmico, volcánico, geológico, etc.

Durante el ciclo de la gestión de riesgos (antes, durante y después de una emergencia), se espera que la información geográfica<sup>1</sup> cumpla con criterios de calidad que permita una gestión efectiva del riesgo. Antiguamente, la calidad de la información estadística o geográfica se medía en base a criterios unidimensionales solamente; es decir, que la validez de un conjunto de datos dependía de indicadores cuantitativos de precisión y exactitud (INE, 2011). En el campo estadístico por ejemplo, es común el uso de coeficientes de variación o el error muestral. En el ámbito de la información geográfica, se usa la raíz del error cuadrático medio, los errores de clasificación del usuario, y del productor. Sin embargo, el nuevo paradigma de calidad de la información para la toma de decisiones trasciende el concepto de exactitud y precisión e incorpora nuevos criterios. Estos criterios incluyen, por ejemplo la disponibilidad, la relevancia, la claridad, puntualidad en la entrega de datos, la comparabilidad, la coherencia, la accesibilidad y la usabilidad (SDMX, 2009). Así también, la calidad de la información hoy en día es valorada por el uso de estándares, protocolos y buenas prácticas en la cadena de producción de información geográfica, es decir, durante la recolección, procesamiento, almacenamiento y difusión de información (GSBPM, 2013).

En este contexto, las Naciones Unidas a través de su grupo de trabajo para el Manejo de Información Global Geoespacial (UN-GGIM, por sus siglas en inglés) trabaja en establecer una agenda para el desarrollo de la información geoespacial a nivel global a fin y promover su uso y para abordar retos de escala mundial. Así, el grupo UN-GGIM desarrolló una metodología para cuantificar, a través de indicadores, la calidad de la información geográfica y los servicios de

información geográfica, en un contexto de gestión de riesgos. En este artículo, los resultados de su investigación son una línea base sobre la cual el quehacer del Instituto Geográfico Militar es evaluado.

## Metodología de evaluación de la calidad

La evaluación de la calidad de la información geográfica y de servicios de información geográfica del Instituto Geográfico Militar se ha realizado empleando tres criterios: La disponibilidad, la accesibilidad y la usabilidad. Para realizar la evaluación (determinar métricas de calidad) se emplearon los indicadores y definiciones y guías desarrolladas por la UN – GGIM. Sobre esta base, se estudió el Geoportal Institucional y documentación técnica asociada. Particularmente se revisaron y analizaron: El catálogo de datos, el visualizador, el catálogo de objetos y los servicios web (mapping/feature/catalogue). Los resultados de la evaluación se cotejaron con los resultados promedio mundiales provenientes de la encuesta ejecutada por la UN-GGIM.

La metodología de evaluación de la UN-GGIM se instrumentó a través una encuesta no probabilística (sknow ball method) con dos unidades de análisis: Las agencias nacionales de mapeo Institutos Cartográficos, Institutos de Geografía, y entidades de similar denominación y misión, (68 en total), y expertos que participaron en gestión de riesgos como analistas GIS<sup>2</sup>, gerentes GIS, y profesionales afines (218 en total). La encuesta fue estratificada geográficamente (es decir distribuida homogéneamente), para asegurar la representatividad de los resultados a nivel continental (excluido Oceanía). Otro criterio de estratificación fue el nivel de ingreso de los países, a fin de incluir dentro del estudio aquellos definidos como de medio o bajo ingreso. En cuanto al instrumento de recolección, el cuestionario fue diseñado con preguntas de respuesta múltiple de ahí que los porcentajes reportados en los resultados sobrepasen el ciento por ciento. Los períodos de recolección fueron del 30 de abril al 15 de mayo, y del 1 al 20 de junio del 2015.

En cuanto a los criterios de calidad, se incluyeron las dimensiones de accesibilidad, la usabilidad y la disponibilidad. Si bien dentro de cada una de estas dimensiones de evaluación se investigaron un amplio listado de variables, el presente artículo reporta los resultados de la evaluación para aquellas variables más relevantes en términos del número y porcentaje de respuestas.

<sup>1</sup> Los términos *geoinformación*, *información geoespacial*, *geodata*, *geodatos*, o *información geográfica* se utilizan como acepciones, y se refieren a los conjuntos de datos, cuyos atributos incluyen – entre otros, la localización o ubicación de un elemento sobre la superficie de la tierra. Se puede considerar como *geoinformación* (o cualquiera de sus acepciones) a la datos expresados en forma numérica (coordenadas geográficas o proyectadas) o expresados como datos alfanuméricos (direcciones de calles, lugares) (Longley, 2005)

<sup>2</sup> NB. GIS es un acrónimo en inglés que hace referencia a los sistemas de información geográfica.

## Resultados

### Accesibilidad

Los indicadores para medir la accesibilidad son: La provisión de información a través de distintas plataformas, la política de difusión y los acuerdos institucional de acceso.

#### *Información distribuida en varias plataformas de difusión*

Dentro de los principales problemas reportados en cuanto al acceso de información geográfica por parte de especialistas, analistas y jefes GIS relacionados en la gestión de riesgos y crisis, el 50.9% de encuestados reporta que “la información está localizada en distintas plataformas (portales web)”. Si bien es cierto que en el Ecuador existen varias plataformas que albergan información geográfica, el Instituto Geográfico Militar ha provisto de todos sus conjuntos de geodatos e hipervínculos de servicios geoespaciales ( como los web mapping, web feature and web catalogue services) al Sistema Nacional de Información (SNI - SENPLADES), que es el ente que compila información del sistema estadístico y geográfico nacional (Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, 2010)

#### *Política de difusión de geoinformación*

El 45% de entrevistados reportó como problema de accesibilidad “la indisposición de compartir datos”. Por su parte el Instituto Geográfico Militar a partir del año 2012, liberó su cartografía y la hizo accesible mediante su geoportal a través de un registro simple de

datos de identificación y una justificación de uso de la información (la información restringida tiene un proceso de solicitud mas complejo). El acceso a la información es inmediato al envío del formulario web, y provee de acceso a cartografía a distintas escalas. Adicionalmente, los conjuntos de datos se proveen a través de servicios web de mapas en formatos vectoriales y raster a diferentes escalas.

#### *Acuerdos interinstitucionales de acceso*

Finalmente, un 45% reportó falta de accesibilidad a la información geográfica como consecuencia de “la falta de acuerdos o convenios de cooperación con las Instituciones encargadas de generar geoinformación”. En este contexto, el Instituto Geográfico Militar maneja convenios de provisión de datos con varias universidades e institutos de investigación.

### Disponibilidad

Los indicadores para medir la disponibilidad son: La provisión de datos fundamentales (hidrografía, población, vías) y la provisión de geoinformación en relación a las amenazas.

#### *Disponibilidad de conjuntos de geodatos fundamentales*

En cuanto a la disponibilidad, el 41.3% de los encuestados reportaron como principal problema de disponibilidad la inexistencia de una línea de base en cuanto a conjuntos de datos geográficos fundamentales como: límites territoriales (división política administrativa), centros poblados, transporte, hidrología, centros de salud, centros de educación, entre otros.

*Tabla 1. Accesibilidad a la geoinformación: Posición relativa del Instituto Geográfico Militar (IGM) frente a Agencias Nacionales de Mapeo de países de medio y bajo ingreso.*

<b>Retos / Problemas</b>	<b>Número de menciones</b>	<b>% de respuesta</b>	<b>Posición relativa del Instituto Geográfico Militar</b>
<b>Accesibilidad a geodatos</b>			
<i>Información distribuida por varias plataformas de información</i>	111	50.9%	<i>Geodatos y servicios de información geográfica provistos en Geoportal del IGM, y en el Sistema Nacional de Información (SNI)</i>
<i>Indisposición para compartir información</i>	99	45,4%	<i>Política de datos abiertos (Decreto XXX)</i>
<i>Falta de acuerdos institucionales de acceso</i>	99	45,4	<i>Acuerdos con la academia (Universidades e Institutos) para provisión de datos y generación de investigaciones</i>

Fuente: UN-GGIM. 2015

**Tabla 2.** Disponibilidad de la geoinformación: Posición relativa del Instituto Geográfico Militar (IGM) frente a Agencias Nacionales de Mapeo de países de medio y bajo ingreso.

Reto / Problema	Número de menciones	% de respuesta	Posición relativa del Instituto Geográfico Militar
<b>Disponibilidad de geodatos</b>			
No disponibilidad de conjuntos de geodatos fundamentales (asentamientos humanos, red de transporte, red hidrográfica, límites administrativos)	90	41,3%	Geodatos y servicios de información geográfica provistos en Geoportal del IGM, y en el Sistema Nacional de Información (SNI)
No disponibilidad de conjuntos de datos de amenazas naturales	66	30,3%	El IGM genera apoyo a las Instituciones en la generación de la cartografía temática de amenazas

Fuente: UIN-GGIM, 2015

El Instituto Geográfico Militar, por su parte, tiene todos estos conjuntos de datos disponibles debido a la existencia de la ya mencionada política de cartografía abierta o libre (y colaboración con otras instituciones). Además, existen varios conjuntos de datos de cartografía base a diferentes escalas (50.000, 250.000, 1'000.000). Estos servicios, a su vez, se sustentan en estándares y protocolos desarrollados por el Open Geospatial Consortium (OGC) y la comunidad internacional.

#### *Disponibilidad de conjuntos de geodatos de las amenazas naturales*

Otro de los retos reportados por los encuestados (un 30.3% de ellos), corresponde a la inexistencia de datos sobre las amenazas naturales como los sismos, las inundaciones, las erupciones volcánicas, entre otras amenazas. Si bien dentro de la misión del Instituto Geográfico Militar no está la generación de geoinformación sobre amenazas naturales o antrópicas, el IGM apoya a los distintos organismos encargados de producir dicha información<sup>3</sup>.

#### **Usabilidad**

Los indicadores para medir la usabilidad son: Los conjuntos de metadatos, la oficialidad y los formatos en que difunde la geoinformación.

#### *Metadatos*

Una vez que los usuarios accedieron a los conjuntos de datos de información geoespacial se reportaron varios inconvenientes en su uso; entre ellos, el principal problema (reportado por el 55% de los entrevistados) es la falta de metadatos<sup>4</sup>. Los metadatos son fundamentales, en tanto y en cuanto, permiten buscar, explorar, descubrir, acceder, usar, procesar y

transferir geoinformación. En el caso del Ecuador, El Consejo Nacional de Geoinformación (CONAGE) y el Instituto Geográfico Militar, como Secretario Técnico, emitieron en el año 2010 el "Perfil Ecuatoriano de Metadatos (PEM)". El PEM es un instrumento que establece "las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir las instituciones públicas o privadas que generan información espacial, para la construcción, edición y revisión de metadatos" (CONAGE, 2010) y se sustenta en normas ISO 19115:2003 e ISO 19115 - 2:2003.

#### *Oficialidad de la información*

Una segunda variable revelado en los resultados de la investigación muestra que un 50% de encuestados reportaron que los conjuntos de geodatos no tienen un carácter de oficialidad, es decir, que no han sido validados o legitimados por alguna instancia de gobierno. En esta línea, la geoinformación generada y difundida por el Instituto Geográfico Militar a partir de su geoportal tiene el carácter de Oficial, toda vez que ésta se genera en el marco de Ley de Cartografía (1978), y como una Institución que alimenta el Sistema Estadístico y Geográfico Nacional, según el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (2010). Este último establece que "La información estadística y geográfica que cumpla con los procedimientos y normativa establecida por la Ley de la materia, tendrá el carácter de oficial y deberá ser obligatoriamente entregada por las instituciones integrantes del Sistema Estadístico Nacional al organismo nacional de Estadística para su utilización, custodia y archivo" (COPFR, 2010).

#### *Formatos de la geoinformación*

El 49.1% de los entrevistados reportó que la geodata disponible no estaba en formatos útiles

<sup>3</sup> NB. el IGM no modela ni formula el fenómeno, sino que apoya en la representación cartográfica del fenómeno.

<sup>4</sup> "Información respecto del contenido, la calidad, condición y otras características de los datos" (PEM, 2010)

**Tabla 3.** Usabilidad de la geoinformación: Posición relativa del Instituto Geográfico Militar (IGM) frente a Agencias Nacionales de Mapeo de países de medio y bajo ingreso.

<b>Reto / Problema</b>	<b>Número de menciones</b>	<b>% de respuesta</b>	<b>Posición relativa del Instituto Geográfico Militar</b>
<b>Usabilidad de los geodatos</b>			
<i>Metadatos</i>	120	55,3%	<i>El IGM emplea de estándares de metadatos y servicios de metadatos (CSW) para la descripción de conjuntos de geodatos y servicios de información geográfica</i>
<i>Oficialidad de la información</i>	109	50%	<i>El IGM genera la cartografía base oficial del Ecuador por mandato de la Ley Cartográfica, y por mandato del Código Orgánico de Planificación y Finanzas</i>
<i>Formatos inadecuados de la geoinformación</i>	107	41,9%	<i>El IGM provee de cartografía libre en archivos estandar para facilitar el procesamiento de geodatos</i>

Fuente: UN-GGIM. 2015

para ser utilizados en un contexto de emergencia, por el contrario, en ocasiones se utilizan archivos PDF o documentos Microsoft Word que no permiten algún tipo de manipulación o rápida incorporación en Sistemas de Información Geográfica. En este sentido, el Instituto Geográfico Militar provee de cartografía libre, mediante archivos en formatos estándar, como los shape (ESRI), klm o archivos geotiff que sí permiten un rápido procesamiento.

## Conclusiones

Hay características en la generación y provisión de datos y servicios geoespaciales en el contexto de la gestión de riesgos y reducción de desastres que ponen al Instituto Geográfico Militar y al Ecuador en una mejor posición relativa respecto a otros países. El Instituto Geográfico Militar ha ido más allá los conceptos unidimensionales de calidad de la información para proveer datos y servicios geoespaciales bajo el nuevo paradigma de calidad de la información que tiene en cuenta, entre otras dimensiones a la accesibilidad, la disponibilidad, la usabilidad. Si bien los indicadores de calidad del IGM está por encima de los resultados a nivel mundial el proceso de mejora continua puede incorporar nuevos criterios para determinar su desempeño.

## Referencias

- Asamblea Nacional del Ecuador (2010), Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas. Registro Oficial 306.
- Consejo Supremo de Gobierno (1978), Ley de Cartografía. Registro Oficial 643.
- Consejo Nacional de Geografía (2010), Perfil Ecuatoriano de Metadatos, Registro Oficial 288.
- Hallegatte, Stéphane and Przulski, Valentin (2010) The economics of natural disasters: Concepts and methods World Bank Policy Research Working Papers.
- Instituto Nacional de Estadística de España (2011). Estándares y Metadatos.
- Longley, P. (2005). Geographic information systems and science. John Wiley & Sons.
- Statistical Data and Metadata eXchange Consortium (SDMX) (2009), Euro SDMX Metadata Structure.
- Working Group on Geospatial information and services for disasters (2015). Fact finding analysis report and proposed strategic framework. The Secretariat of the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM)
- United Nations Economic Commission for Europe (2013), Generic Statistical Business Process Model.

## GEOINFORMACIÓN AL ALCANCE DE TODOS, UN PROPÓSITO INSTITUCIONAL

Villagómez, Martha

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: [martha.villagomez@mail.igm.gob.ec](mailto:martha.villagomez@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2513

### Resumen

La demanda de información geográfica (geoinformación) se ha generalizado a nivel mundial. En la actualidad, todos, de una u otra manera, utilizamos servicios geográficos su uso es tan común, que los "smart-phones" actuales gestionan de manera muy simplificada la ubicación, los mapas y las direcciones, proceso conocido en el ámbito geográfico como la geolocalización. Su finalidad es que cualquier usuario de telefonía móvil, con un conocimiento básico, pueda acceder y manejar a geoinformación fácilmente mientras que el sistema actúa, de forma paralela, con las actuales tecnologías de comunicación.

Toda empresa privada requiere de información geográfica procesada que le permita analizar la realidad económico-social desde un punto de vista geográfico, mediante procesos cartográficos y herramientas geoestadísticas, a esto se lo conoce como geomarketing.

Para obtener geoinformación, se realiza un proceso técnico extensivo que comprende una serie de fases que van, desde la toma de fotografía aérea, restitución, puntos de control, generación de bases de datos, entre otros, hasta la materialización en productos y servicios geográficos-cartográficos.

Poner al alcance del público en general y de otras instituciones estos productos y servicios es todo un reto para el Instituto Geográfico Militar (IGM) de Ecuador. Instituto cuya génesis se centra en la generación e investigación en el ámbito de la cartografía, a la vez que está encargado de mantener las bases de datos geográficas de Ecuador. Para cumplir estas funciones, el Estado ecuatoriano financia parte del presupuesto, pero el IGM, además, debe solventar otros gastos inherentes a su misión con la ayuda de proyectos de autogestión, lo que se constituye en todo un desafío institucional.

En el artículo se presenta una breve descripción de los productos y servicios que oferta el Instituto Geográfico Militar y las metas que se han planteado a fin de fortalecer sus procesos orientados a satisfacer al cliente.

**Palabras claves:** Geoinformación, productos y servicios geográficos, geomarketing.

### Abstract

The requirement for geographic information is widespread worldwide, currently all in one way or otherwise use geographic services is so common that the "smart phones" manage very simplified way the current location, maps and directions, process known as geolocation, whose purpose is that any mobile phone user with a basic knowledge can access this type of information parallel with the current communication technologies.

Furthermore, any private company requires geographic information to analyze the economic and social reality from a geographical point of view through cartographic inputs and geostatistical tools, this is known as geomarketing.

In order to obtain this information easy to use and access an extensive technical process that involves a series of stages ranging from aerial photography, restitution, checkpoints, generation of databases among others is done to materialize in product and geographic-cartographic services.

Make available these products and services to the general public is a challenge for the Military Geographical Institute (IGM), especially when referring to its reason to be as an official entity of generation and research in the field of cartography and maintainer of national geographic data, to meet the generation of this information as a primary objective the Ecuadorian State provides part of the resources, but must also overcome other expenses inherent in its mission with the help of self-management projects which constitutes a whole institutional challenge, a challenge that confronts it with the IGM highly technical scientific and social responsibility.

This article provides a brief description of the products and services offered by Military Geographic Institute and the goals that have been raised in order to strengthen their processes to satisfy the customer.

**Key words:** Information, products and geographic services, geomarketing.

## Introducción

Los orígenes del geomarketing datan de finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Varios investigadores, entre ellos el considerado como “padre de la economía espacial”, el alemán J. H. Von Thünen (1783-1850). Thünen analizó a la ciudad y sus valles y estableció círculos concéntricos a modo de zonas de influencia alrededor de la ciudad, definiendo, entre otras variables, a la distancia como eje fundamental y sustento de su teoría de localización o ubicación dentro de la geografía urbana-rural. Demostró, además, que el análisis geográfico influye directamente en las decisiones de economía y mercadeo.

*El geomarketing, también llamado marketing geográfico o marketing territorial nace de la interrelación del marketing y la geografía, siendo base del conocimiento de las relaciones del ser humano con el medio y ramas sociales que permiten entender los fenómenos económicos y de mercadeo creados en el entorno físico (Rayón, 2015).*

Si se define al marketing como el conjunto de herramientas y técnicas que permiten llegar al cliente para satisfacer sus necesidades y mejorar la comercialización de un producto o servicio, se puede afirmar que estas relaciones de intercambio tratan de un lugar o espacio explícito y por ello, la Geografía, se constituye en la herramienta más determinante para alcanzar altos estándares dentro de una institución, aquí radica la importancia de mantener la información geográfica actualizada y al alcance de todo tipo de usuario.

Dentro de este marco, el geomarketing puede ser definido como “un sistema integrado por datos, programas informáticos de tratamiento, métodos estadísticos y representaciones gráficas destinado a producir una información útil para la toma de decisiones, a través de instrumentos que combinan la cartografía digital, gráficos y tablas” (Latour & Floc’h, 2001). Esta definición es en la cual se basan los aspectos que se toman en cuenta en el presente artículo.

Al referirse al marketing geográfico, múltiples artículos destacan el excesivo uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la consecución de sus objetivos, por ejemplo: para localizar clientes o futuros clientes, identificar sucursales, definir coberturas, entre otras muchas aplicaciones. La significación que tiene un buen direccionamiento del cliente y lo que le es útil es una de las metas que el Instituto Geográfico Militar (IGM) de Ecuador se propone como ente generador de geoinformación.

*En años pasados, el cliente que buscaba información geográfica o cartográfica era muy específico, se limitaba a aquellos profesionales que manejaban esta información en términos de planificación y posicionamiento geográfico. En la actualidad, todo ciudadano requiere*

*información geográfica accesible, veraz y actualizada, aspectos en los que está trabajando el IGM. (Gómez, 2010).*

El IGM, como ente encargado de la producción de cartografía y custodio de las bases de datos geográficas, posee un nicho de mercado muy amplio. Los productos y servicios técnicos que ofrece se encaminan a brindar soluciones en los ámbitos cartográfico – geográfico, por lo que el personal dedicado al geomarketing se constituye en el nexo fundamental entre el técnico-investigador-productor y el cliente siendo necesaria una alta cualificación y motivación. Además, se deben conocer las fortalezas y debilidades de la Institución y también las oportunidades y amenazas que pueden presentarse. (Andrade T., 2005).

La difusión de la geoinformación, en muchos casos, se ha limitado a la entrega de información solicitada por el cliente, material impreso o digital, procedimiento que se cumple con muy buena disposición en el área de atención al cliente del IGM, entendiendo este servicio como el conjunto de acciones que se encaminan a satisfacer las necesidades del cliente.

Dentro de los productos geográficos-cartográficos y servicios técnicos que ofrece el IGM, se pueden mencionar los siguientes, considerados como productos tradicionales:

- Mapas, cartas y planos impresos a diferentes escalas,
- Fotografía aérea b/n y color a diferentes escalas de los proyectos Carta Nacional y Proyectos especiales, productos impresos y digitales,
- Monografías de control horizontal y vertical.
- Datos de Estaciones de monitoreo continuo (REGME-RENAGE),
- Registro de personas naturales y jurídicas para ejecutar trabajos cartográficos, temáticos y publicaciones cartográficas.
- Levantamientos topográficos, replanteos y fiscalización de trabajos geodésicos.
- Asesoría en Sistemas de Información Geográfica, Infraestructura de datos espaciales y el ámbito geográfico.
- Supervisión y fiscalización de trabajos cartográficos llevados a cabo por terceras personas.
- Generación de cartografía, ortofotos, modelos digitales del terreno.



Figura 1. GeoProductos y GeoServicios IGM, 2015  
Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Otros productos no tradicionales como:

- Servicio de visualización y descarga de geoinformación a través de la web ([www.geoportaligm.gob.ec](http://www.geoportaligm.gob.ec)).

Dentro de esta amplia gama de productos y servicios que ofrece el IGM, el desafío actual consiste en trabajar a la vanguardia de la alta tecnología y poner a disposición de la mayor parte de clientes información geográfica/geoinformación que les sirva para el desarrollo de sus actividades diarias. Está claro que no todos los “clientes o clientes potenciales” son iguales, es aquí donde radica la importancia de clasificarlos, conocer que piensan, que requieren, como actúan incluso que nivel de formación poseen, a fin de crear el mejor servicio de geoinformación posible. (Beltrán, 2012).

Otro de los temas trascendentales cuando se trata de compartir información a través de la gran red de datos (Internet), es el debate que se da con respecto a la compatibilidad entre la geolocalización y la privacidad. La gran cantidad de información que circula por las redes sociales promoviendo a diario que se comparta la ubicación es una red multimillonaria que vende esta información personal a terceros.

Si un usuario no acepta este sistema, será excluido de un sinnúmero de aplicaciones que permiten la interoperabilidad con los medios para el funcionamiento de la sociedad actual.

Plasmar toda la información geográfica que el IGM ha generado, genera y generará a fin de que llegue a un número mayor de usuarios es una de las metas más ambiciosas de los Directivos y de todo el personal que conforma esta Institución que día tras día busca la innovación de sus productos y servicios con el fin de alcanzar un nuevo nicho de mercado.

### Materiales y método de trabajo

Para la realización de este estudio preliminar se ha obtenido información directamente de los registros de ventas del área de atención al cliente, además se ha entrevistado al mismo personal y se han procesado los datos de los últimos 3 años, tomando como datos más certeros a los correspondientes a los del año 2015.

A partir de las cifras obtenidas a lo largo del año 2015 en las oficinas principales del IGM ubicadas en la ciudad de Quito, se identificó las orientaciones y necesidades del cliente en el ámbito cartográfico-geográfico, conocido también como producto técnico. Según los datos, el 62% (11 738) de los clientes actuales requieren la toma de fotografía aérea (que corresponde a un proceso donde consta desde el plan de vuelo hasta la impresión de la fotografía), un 36% buscan cartas topográficas (6 795) y el restante 3% solicita mapas y planos (583), todos estos considerados como productos tradicionales. (Figura 2)

En las oficinas del IGM en la ciudad de Guaya-

quil, los porcentajes son similares con un número menor de clientes, es importante señalar que los usuarios de información geográfica buscan realizar sus trabajos

técnicos con el IGM debido al alto nivel de confianza que la población tiene con el Instituto, valor agregado que la Institución ha adquirido a lo largo de sus 88 años de vida institucional, las opciones que existen en el mercado no convencen en términos de estándares de calidad.

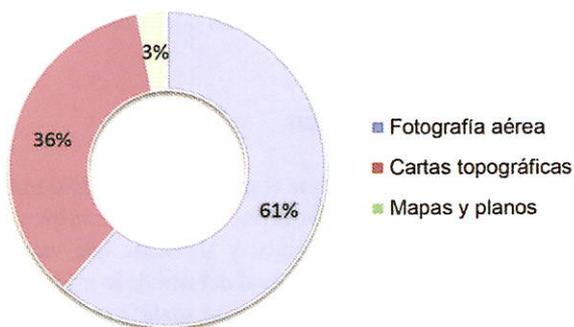


Figura 2. Productos Tradicionales del IGM, 2015  
Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Entrevistas con el personal que labora en atención al público destaca la trascendencia de la adecuada orientación al cliente y también la capacitación que se debe recibir para atenderlo y el nivel de conocimiento del tipo de información que se genera, además de sus limitaciones, esta aseveración está dada en función de la experiencia de los informadores de producto técnico.

Los datos demuestran que el Instituto, en el ámbito técnico-geográfico, es reconocido principal-

Tabla 1. Porcentaje de cobertura y disponibilidad de Ortofotografía, Febrero 2016.

ESCALA	COBERTURA NACIONAL	FORMATO
1:25 000	8%	JPF/TIFF
1:5 000	90%	JPF/TIFF

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Tabla 2. Porcentaje de cobertura y disponibilidad de Fotografía aérea, Febrero 2016.

ESCALA	COBERTURA NACIONAL	DISPONIBILIDAD	
		PAPEL IMPRESO	DIGITAL
1:60 000	95,00%	100,00%	JPF/TIFF
1:30 000 (Color)	10,00%	100,00%	JPF/TIFF
1:30 000 Galápagos (Color)	100,00%	100,00%	JPF/TIFF

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Tabla 3. Porcentaje de cobertura y disponibilidad de Cartografía, Febrero 2016.

ESCALA	COBERTURA NACIONAL	DISPONIBILIDAD DE COBERTURA NACIONAL			
		PAPEL	DIGITAL		
			JPF/TIFF	DGN/DWG	BASE DE DATOS
1: 1 000 000	100%	100%	100%	100%	100%
1:500 000	100%	100%	100%	100%	100%
1:250 000	100%	100%	100%	100%	100%
1:100 000	61%	100%	100%		
1:50 000	96%	100%	100%	100%	100%
1:25 000	60%	100%	100%	25%	25%
Galápagos 1:25 000	100%	100%	100%	100%	100%
1:5 000	78%		0%	100%	
1:1 000	78%		0%	100%	

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

mente por la toma de fotografía aérea, insumo fundamental para otras muchas aplicaciones.

Los productos y servicios disponibles que genera el IGM se encuentran en varios formatos de salida y varias escalas. En la tabla 1 podemos ver esta información en relación a ortofotos y fotografía aérea, la ortofoto es un producto más elaborado de la fotografía que permite realizar mediciones directamente sobre el sistema.

Tabla 4. Número de cartas reservadas por escala, Febrero 2016.

ESCALAS	COBERTURA NACIONAL
1:50 000	135 Cartas
1:25 000	420 Cartas

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Por otro lado, los productos y servicios que no son tradicionales (fotografía, mapas, planos impresos) pueden ser accedidos desde los servicios web del Instituto, información que tiene los siguientes datos:

En cuanto a la cartografía reservada en la tabla se indica el número de cartas reservadas de dos tipos de escalas, la cartografía reservada se refiere a la información “que por su escala pueda afectar a la seguridad del Estado ecuatoriano” (Directiva 2012-02 del COI-MC, Comando de inteligencia militar conjunto).

Tabla 5. Número de estaciones Geodésicas, alcance por punto y cobertura, Febrero 2016.

	TOTAL ESTACIONES	ALCANCE DE C/PUNTO	% DE COBERTURA
Puntos REGME	48	50 Km	90%
Puntos RENAGE *	143	40 Km	100%

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

La intención del IGM es mantener su posicionamiento de mercado y procurar llegar a un mayor número de clientes, utilizando como principal medio de difusión Internet al ser de fácil acceso, práctico y económico que alcanza a un mayor número de personas y permite tener acceso virtual a la información cartográfica-geográfica.

La geoinformación se registra por medio de los metadatos que son “el conjunto de datos de los productos geográficos que permiten a su productor describir sus características a fin de que el usuario utilice adecuadamente estos productos”, (IGN-España), información que se puede revisar en el Geoportal institucional.

Finalmente se destacan las palabras del Crnl. William Aragón, actual Director del IGM (2014-2016), quien indicó que “todas las actividades del IGM están

encaminadas a satisfacer las necesidades en los ámbitos de la defensa, seguridad y apoyo al desarrollo, con la finalidad de continuar por la senda que ha llevado a este Instituto hasta el sitio que lo ubica como pionero y líder dentro de las competencias que el Estado acertadamente le ha encargado”.

## Resultados y Discusión

Se ha evidenciado que el producto y servicio más requerido es la fotografía aérea, es importante incursionar con nuevos productos y servicios que vayan acorde con la renovación actual del uso de la información geográfica, pese a que el IGM mantiene su posicionamiento en temas de geoinformación, es claro que las tecnologías de información cada vez avanzan más rápido y estar actualizado en estos temas permitirán continuar encabezando el mercado de información geográfica.

Los metadatos presentes en todos los productos desarrollados por el IGM, es una herramienta que de una u otra manera ha conseguido solventar la necesidad de almacenar y dar a conocer el tipo de información que dispone la Institución a través del Geoportal institucional ([www.geoportaligm.gob.ec](http://www.geoportaligm.gob.ec)), sin embargo en muchos niveles se considera muy técnica y específica por lo que se puede generar un servicio de venta y descarga que optimizaría tiempos y recursos.

Actualmente, la gestión de Mercadotecnia, en coordinación con la gestión de Geoinformación, tienen como objetivo generar un espacio virtual de “Servicio de venta y descarga” que permita consolidar los geo-productos y geo-servicios. Este espacio tendría un doble objetivo, por una parte informar al usuario de la geoinformación disponible, por otro lado, facilitar su adquisición (ver ejemplo en la figura 3).

El verdadero reto que tiene el IGM es satisfacer las nuevas necesidades de geolocalización, indispensable para todo tipo de actividades, reto que se plantea dentro del marco del avance de tecnologías de información.

La creciente competitividad obliga a las empresas al uso de productos geográficos y en especial de mapas preparados para dispositivos móviles, debido a que estos aparatos se han convertido en un medio in-



Figura 3. Servicio de venta y descarga virtual de geoinformación Cartográfica de Canarias S.A. (España)

Fuente: <http://tiendavirtual.grafcan.es/index.jsf>

dispensable en la vida actual. Su uso está ampliamente extendido, es por ello que generar información geográfica para el uso de estos dispositivos es el desafío que debe plantear el IGM.

### Conclusiones

- Desarrollar productos que se encuentren a la par de la tecnología actual es el desafío del IGM para los próximos años.
- El Geomarketing, abre un sin número de posibilidades, asesorar a empresas públicas y privadas ampliaría los horizontes de la Institución con una visión de posicionamiento muy fuerte de la “marca” IGM en el mercado geográfico pero desde otro punto de vista.
- La importancia en la atención al cliente externo en el campo de la Geografía y Cartografía radica en su especificidad y en la adecuada orientación que se le dé a fin de obtener una máxima satisfacción, buen desarrollo y posicionamiento estratégico de la Institución, nivel que ha alcanzado.
- El valor de conocer al cliente y sus necesidades o preferencias se convierte en un valor agregado para la Institución, de esta manera estará mejor preparada para atender los requerimientos actuales y por lo tanto satisfacer la necesidades de geoinformación en apoyo al desarrollo y a la defensa nacional.

### Agradecimientos

Al personal de atención al cliente, y en concreto al Sr. Hernán Santillán, por la información proporcionada para la elaboración del presente artículo.

### Reconocimientos

Christian Morán, Ejecutivo de cuenta de producto técnico y Hernán Santillán, Informador Geográfico.

### Referencias bibliográficas

- Andrade T., L. G. Propuesta de un plan de mejoramiento de servicio al cliente para el área de cartografía del Instituto Geográfico Militar de la ciudad de Quito (2005). Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3138/4/T-ESPE-030938.pdf>
- Beltrán, G. (2012). Geomarketing para los negocios. Recuperado a partir de <http://www.socialancer.com/10-usos-y-25-ejemplos-de-geomarketing-para-los-negocios/>
- Gómez, C. (2010). La revolución marginalista: precursores y fundadores. Recuperado a partir de <http://www3.uah.es/econ/hpeweb/HPERMARGI.htm>
- Latour, & Floch. (2001). Concepto de Marketing. Recuperado a partir de <https://perusig.wordpress.com/2012/05/31/geomarketing-concepto-y-origenes/>
- Rayón, A. (2015). El geomarketing: Sistemas de Información Geográfica que representan capas de datos para la toma de decisiones de marketing. Recuperado a partir de <http://alexrayon.es/2015/06/12/el-geomarketing-sistemas-de-informacion-geografica-que-representan-capas-de-datos-para-la-toma-de-decisiones-de-marketing/>

## LA INGENIERÍA DE SOFTWARE EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL

Campana, Robinson<sup>1</sup>; Cevallos, Henry<sup>1</sup>; Encalada, German<sup>1</sup> & Murillo, Jimmy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Geográfico Militar • Ecuador

<sup>2</sup>Hospital Gineco-Obstétrico • Isidro Ayora • Quito - Ecuador

Email: [robinson.campana@mail.igm.gob.ec](mailto:robinson.campana@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2401

Email: [henry.cevallos@mail.igm.gob.ec](mailto:henry.cevallos@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2401

Email: [german.encalada@mail.igm.gob.ec](mailto:german.encalada@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2401

Email: [jimmy\\_mv@hotmail.com](mailto:jimmy_mv@hotmail.com) • Telf: (593) 022542935 • Ext. 274

### Resumen

La ciencia de la Cartografía a través de diversos mecanismos matemáticos, físicos, informáticos, sistemas de proyecciones, ha establecido la forma de transformar posiciones establecidas de una esfera al plano. El proceso de construir un mapa digital y su información anexa con un fin específico, es seguir una serie de pasos, análisis, diseño, construcción y pruebas que son necesarias realizarlas metodológica y sistemáticamente para que se pueda obtener un mapa cartográfico de utilidad para el usuario final. El presente estudio proporciona una visión de cómo la Ingeniería de Software, sus principios y especificaciones se relacionan con el proceso de elaboración de la cartografía digital y de su importancia para obtener productos cartográficos de mayor precisión, estandarizados y de calidad. El proceso de generación de mapas cartográficos digitales en el Instituto Geográfico Militar se basa en ciertos aspectos de la Ingeniería de Software, obteniendo como resultado que el proceso de elaboración de la cartografía sea llevado a cabo aplicando un conjunto de actividades y herramientas establecidas con estándares para brindar madurez a la construcción del producto cartográfico generado. Finalmente la utilización de principios y estándares de la Ingeniería de Software durante el proceso de generación de la Cartografía Digital aportará a mejorar sustancialmente la calidad de los productos cartográficos producidos.

**Palabras claves:** Ingeniería de software, Cartografía Digital, Procesos de software, Sistemas de Información Geográfica.

### Abstract

Mapping science through various mathematicians, physicists, computer scientists, systems projections mechanisms established way to transform the established positions of a sphere to the plane. The process of building a digital map and attached with a specific purpose, information is to follow a series of steps, analysis, design, construction and testing are methodological perform necessary and systematically so that you can get a map mapping utility for the user final. This study provides an overview of how software engineering, principles and specifications relating to the process of making digital mapping and its importance to obtain more accurate mapping products, standardized and quality. The process of generation of digital cartographic maps in the Military Geographical Institute is based on certain aspects of software engineering, resulting in the development process of mapping is carried out by applying a set of activities and tools set standards for bring maturity to the construction of cartographic product generated. Finally the use of principles and standards of software engineering during generation of the Digital Cartography contribute to substantially improve the quality of produced cartographic products.

**Keywords:** Software engineering, Cartography, processes software, Geographic Information Systems.

## Introducción

Las organizaciones viven hoy en día, una lucha por apoderarse del mercado, posicionar sus productos y liderar los mercados locales, nacionales e internacionales, y para conseguir esto, es necesario e importante hacerlo con calidad, y la calidad exige mejorar, aplicar normas, estándares y buenas prácticas de ingeniería en los procesos. La Ingeniería de software en sus distintas fases de desarrollo lleva como resultado generar productos de software de calidad.

El Instituto Geográfico Militar es el ente encargado de proporcionar la Cartografía base oficial del país (Ley de Cartografía Nacional), mediante la utilización de métodos fotogramétricos que permiten la extracción de los elementos presente en las imágenes aéreas. Este insumo base se generaliza a escala menores entregando productos con fines de defensa, seguridad y desarrollo nacional. El producto final obtenido es una base de datos geográfica.

Además, el Instituto Geográfico Militar cuenta con un modelo de proceso para desarrollar aplicaciones Informáticas, marco de trabajo que permitirá mejorar los productos de software que se desarrolla en la institución.

La relación entre el proceso de desarrollo de software y el proceso de producción Cartográfica tiene muchas aristas en común, por ejemplo: ambos procesos se guían por estándares y buenas prácticas de ingeniería, actividades, tareas, entregables, controles de calidad, validaciones y procesos que cumplen un ciclo de vida durante la construcción de sus productos. La idea de conjuntar o vincular los procesos de Ingeniería de Software con los procesos de producción cartográfica es importante para lograr robustecer y mejorar la calidad de la cartografía generada.

La mejora continua en los procesos es una actividad que la ingeniería respalda mayoritariamente, por lo tanto ellos deben ser normados, estandarizados, ordenados con el objetivo de tener como resultado un producto de calidad, obteniendo una mayor rentabilidad para las empresas que los producen. García, P.G (2015) sostiene que una empresa es más productiva cuando es capaz de suministrar más productos y/o servicios con menos recursos empleados.

En el Instituto Geográfico Militar se construyen productos Cartográficos a través de procedimientos establecidos para tal efecto. El objetivo del presente trabajo es el de poder relacionar los principios de la Ingeniería de Software establecidos para el proceso de desarrollo de aplicaciones informáticas con el proceso de creación de productos cartográficos digitales, el cual dará como resultado que las fases de construcción de una Cartografía Digital sean respaldadas por

procesos maduros basados en estándares internacionales, contribuyendo a mejorar la calidad de los productos obtenidos. Para tal fin, se describe la Ingeniería de Software y sus esencialidades enfocadas en las fases y el proceso de desarrollo de software diseñado para el Instituto Geográfico Militar.

## 1. La Ingeniería de Software

La Ingeniería de software está enfocada para desarrollar productos de software altamente confiables, basados en estándares de ingeniería, aplicando métodos, utilizando técnicas y herramientas con tecnología de punta.

Bauer, F. (1972) indica que la Ingeniería del Software es el establecimiento y uso de sólidos principios de ingeniería y buenas prácticas de gestión, así como la evolución de herramientas y métodos aplicables y su uso cuando sea apropiado para obtener, dentro de las limitaciones de recursos existentes, software que sea de alta calidad en un sentido explícitamente definido. Pressman, R (2005) sostiene que la base que soporta la Ingeniería de Software es un enfoque en la calidad y en el proceso.

Uno de los pilares de la Ingeniería de Software es el proceso de software, el cual es la base fundamental para desarrollar la gestión de proyectos, establecer el contexto para aplicar métodos, controles de seguimiento, revisiones, pruebas y un sinnúmero de actividades y tareas que de alguna forma permiten el control y aseguramiento de la calidad del producto software que se está desarrollando.

### 1.1 El proceso de software

El objetivo de aplicar un proceso de desarrollo de software es el de conseguir un producto software de alta calidad. Según Sommerville (2005) "Este proceso es intensamente intelectual, afectado por la creatividad y juicio de las personas involucradas"; además que "Sea cual sea el proceso de desarrollo existen actividades esenciales y necesarias que forman parte de cualquier proceso". El mismo autor propone cuatro fases, en el que se basa todo proceso de desarrollo de software:

*Especificación de software:* Se debe definir la funcionalidad y restricciones operacionales que debe cumplir el software.

*Diseño e Implementación:* Se diseña y construye el software de acuerdo a la especificación.

*Validación:* El software debe validarse, para asegurar que cumpla con lo que quiere el cliente.

*Evolución:* El software debe evolucionar, para adaptarse a las necesidades del cliente.

Un proceso de desarrollo de software está com-

puesto de varios elementos, todos ellos relacionados unos con otros, y cada uno de los cuales en correcta sincronía cumple una tarea específica. En la Figura 1 se muestran los elementos de un proceso de desarrollo de software y la relación entre ellos. El proceso de software descrito en la Figura 1, define un conjunto de actividades enmarcadas en fases o etapas, que son llevadas a cabo por los involu-

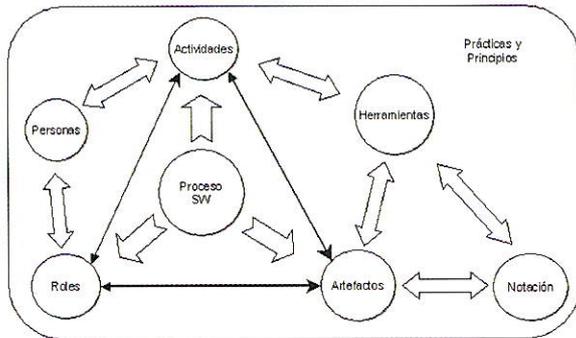


Figura 1. Aplicación de un proceso de desarrollo de software. Fuente: Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia.

crados en él, tales como: clientes, usuarios, desarrolladores, analistas, arquitectos e ingenieros de software, directores de proyectos y en la que cada uno de ellos es definido dentro de un rol específico. El resultado de trabajar en esas actividades, es la creación de artefactos o entregables, que según la terminología de ingeniería son documentos técnicos, normalizados, estandarizados, validados y verificados, que son generados manualmente o

por alguna herramienta de software, mismos que utilizan una determinada notación. Estos documentos generados (entregables), son documentos técnicos importantes, a los cuales se les aplican controles de calidad para garantizar sus características y estándares adecuados.

1.2 El proceso de software en el IGM

Dentro de las competencias del Instituto Geográfico Militar se encuentra el mejoramiento continuo de procesos y, una de las actividades llevadas a cabo para conseguir esto, es el de desarrollar aplicaciones informáticas, basadas en un marco de trabajo para producir software de calidad, compuesto de un conjunto de procesos que rigen el ciclo de vida de desarrollo de un software. Estos procesos definen un conjunto de actividades y tareas a realizarse, al mismo tiempo que generan como resultados, documentos técnicos y donde el control de la calidad de estos, se lleva a cabo a través de verificaciones y revisiones, construidas para tal fin. El diseño del modelo de proceso puede verse en la figura 2.

2. Proceso de producción cartográfica en el Instituto Geográfico Militar

La generación de cartografía digital desarrollada en el Instituto Geográfico Militar puede ser explicada de acuerdo al proceso según Vargas, E. et al (2014), el cual está conformado por etapas definidas de la forma:

PROCESOS	ACTIVIDADES	TAREAS	ENTREGABLES		ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	
			ANEXO	ANEXO		
REQUERIMIENTOS	EDUCIÓN DE REQUERIMIENTOS	Aplicar técnicas	Especificación de requisitos de software ERS	1.3.1	Lista de revisiones y/o verificación modelos	1.4.1
	ANÁLISIS DE REQUISITOS	Estudiar requisitos				
	VALIDACIÓN DE REQUISITOS	Escribir ERS				
ANÁLISIS	MODELAR PROBLEMA	Elaborar Modelo conceptual	Modelo conceptual	2.3.1	Lista de revisiones y/o verificación modelos	2.4.1
	MODELAR CASOS DE USO	Casos de uso en detalle	Especificación de casos de uso o equivalente	2.3.2		
DISEÑO	MODELO DEL DOMINIO DEL PROBLEMA	Elaborar diseño de clases/equivalente	Diagrama de clases o equivalente	3.1.1 a,b	Lista de revisiones y/o verificación modelos	3.4.1
	ARQUITECTURA DEL SOFTWARE	Arquitectura del software (módulos)	Diagrama de bloques/componentes o equivalente	3.1.2		
		Estilo arquitectónico y/o patrones diseño	Diagrama de paquetes /Distribución o equivalente	3.1.3		
	MODELADO DE DATOS	Elaborar Modelo Lógico	Módulo lógico	3.1.4		
		Elaborar Modelo físico de datos	Modelo físico + script (ddl)	3.1.5		
	Elaborar Diccionario de datos	Diccionario de datos	3.1.6			
DISEÑO DE INTERFACES	Esquematar estándares de diseño	Estándar GUI para login Estándar GUI para mantenimiento (CRUD) Estándar GUI para ingreso de datos Estándar GUI para visualización de datos Otros estándares interfaces	3.1.7			
CONSTRUCCIÓN	CODIFICACIÓN DEL SISTEMA	Estandarizar codificación	Especificación de estándares de codificación	4.3.1		
			Impresión código fuente y/o componentes	4.3.2		
PRUEBAS	EVALUACIÓN DEL SOFTWARE	Pruebas dinámicas	Especificación de casos de prueba caja negra	5.3.1	Aceptación de pruebas realizadas	4.4.1
			Especificación de pruebas de sistema	5.3.2		
IMPLEMENTACIÓN	PRODUCCIÓN DEL SISTEMA	Revisión y archivo de la documentación del proyecto Aceptación del cliente o del patrocinador	Diagramas de despliegue	6.3.1	Verificación documentos	
			Manuales técnicos	6.3.2		
			Archivo de documentación: Impresa - digital	6.3.3		
			Acta entrega - recepción, Finiquito del contrato, otros	6.3.4		

Figura 2. Proceso de desarrollo de software para el IGM. Fuente: Instituto Geográfico Militar. (2015)

- Definición del área de trabajo
- Captura de datos
- Restitución fotogramétrica
- Interpretación y nomenclatura
- Integración de la información a la base de datos institucional.
- Empleo de la información geoespacial

Cada una de ellas propone un conjunto de actividades, tareas y acciones a realizar, que al final de la aplicación de este proceso, se obtendrá una cartografía digital específica y lista para su consumo. El Instituto Geográfico Militar a través de la Gestión de Geoinformación es el encargado de generar la cartografía base oficial del país, y donde dicho proceso comienza con el análisis de los insumos y los requerimientos técnicos y tecnológicos necesarios, recogidos y especificados en etapas preliminares del proyecto. Posteriormente en la fase de Restitución mediante una visualización tridimensional, creada a partir de la intersección de dos fotografías digitales colocadas en equipos fotogramétricos, se extrae y define con precisión la geometría de los objetos mediante el uso de puntos, líneas y polígonos, y como complemento a esto, en la etapa de Nombres Geográficos se realiza una investigación de campo, donde se colectan los topónimos usados en el territorio nacional, validando y verificando su escritura en consideración a su origen, historia y semántica. Como resultado de esto, se genera un producto geoméricamente corregido compatible con datos debidamente referenciados.

Finalmente, en la sección CAD-SIG, se estructura la información por categorías, subcategorías y objetos en una base de datos Geográfica, enlazando cada elemento gráfico a una tabla que contiene

información alfanumérica denominada atributos, dando como resultado un producto cartográfico traducido a una base de datos geográfica.

### 3 El proceso de desarrollo de la Ingeniería de Software en el proceso de producción Cartográfica

Para la definición, diseño e implementación de un modelo de desarrollo de software para el Instituto Geográfico Militar que se acople a sus necesidades en cuanto al proceso de producción cartográfico, se hace una correspondencia con el modelo de cuatro fases de desarrollo de software propuesto por Sommerville, I. (2005), esto debido a que dicho modelo se ajusta a las diferentes fases y/o etapas aplicadas en la generación de cartografía en el Instituto Geográfico Militar. Este modelo se muestra en la Tabla 1, en donde se describe dicha correspondencia.

La tabla 1 homologa las fases principales del desarrollo de software del modelo de procesos propuesto para el IGM y el modelo de proceso de software propuesto por Sommerville, I (2005), el cual va a permitir tener una vía de enlace con los procedimientos efectuados por el I.G.M. para la construcción de productos cartográficos digitales.

Desde el punto de vista de la Ingeniería de software como desde la producción de cartografía digital de carácter oficial, ambos trabajan para un solo objetivo, obtener productos de calidad, estandarizados y confiables. Aspectos comunes entre ambos destacan:

- El producto final consecuencia de aplicar procesos eficientes y normalizados, es de alta calidad.
- Se encuentran divididos en fases o etapas que están conformados por un grupo de actividades y tareas son necesarias llevarse a cabo, utilizando

**Tabla 1.** Correspondencia entre el proceso de desarrollo de I.G.M. y fases propuestas por Sommerville, I (2005).

Proceso de desarrollo propuesto para I.G.M.	Proceso propuesto por Sommerville, I (2005)	Descripción
Requerimientos Análisis	Especificación	Fase destinada a los aspectos preliminares de un proyecto de software
Diseño Construcción	Diseño e Implementación	Se diseña y se construye el software
Pruebas	Validación	Se valida la calidad del software
Implementación	Evolución	Mantenimiento del software

Fuente: Instituto Geográfico Militar. (2015).

técnicas, métodos y herramientas propios de cada rama de la ingeniería.

c) Cada actividad o tarea trae consigo una revisión de calidad de los productos parciales generados.

d) Los entregables en cada fase pueden ser modelos, esquemas, base de datos, entre otros.

e) Imponen la aplicación de normas, estándares internacionales y buenas prácticas para mejorar y normar los procesos.

En la Tabla 2 se muestran las fases de un proceso tradicional de desarrollo de software, así como las mismas pertenecientes a la elaboración de producción cartográfica en el Instituto Geográfico Militar, en donde se conjuga un relacionamiento a nivel de etapas entre ambos, describiéndose las diferentes actividades, tareas, revisiones y entregables de cada fase durante la elaboración de la car-

tografía digital, enmarcado todo ello dentro de los fundamentos conceptuales propuestos para el desarrollo de software planteados por Sommerville (2005). Las fases para la producción de cartografía digital son:

**1. Fase de Especificación.**

Se definen aspectos de gestión del proyecto, estudios de factibilidad, análisis de riesgos, impactos, presupuestos, requerimientos y modelos a seguir. El estándar sugerido es la especificación de requisitos de software definida por la IEEE830 (Software Engineering Standards Committee, of Institute of Electric and Electronic Engineers, E.U.A. 1998).

**2. Fase de diseño y construcción.**

Está subdividida en las fases de restitución, complementación de nombres geográficos y de es-

Tabla 2. Correspondencia entre el proceso de Desarrollo de Software y el Proceso de Producción Cartográfica.

PROCESO DESARROLLO DE SOFTWARE	PROCESO PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICO	ACTIVIDADES Y TAREAS	ASEGURAMIENTO CALIDAD (Revisiones)	ENTREGABLES	
<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>REQUERIMIENTOS</b>	Requerimientos iniciales del proyecto	Especificación de requerimientos	IEEE 830 ajustado	
		Bloque aéreo triangulado	Revisión Bloque fotogramétrico		
		Restitución bloque fotogramétrico	Revisión preliminar archivo		
		Revisión fotogramétrica	Revisión preliminar detección errores bloque 3D	1. BD nombres geográficos 2. Archivo digital	
		Revisión cartográfica	Revisión preliminar con corrección errores 2D		
		<b>NOMBRES GEOGRÁFICOS</b>	Verificación y actualización de nombres geográficos		
			Investigación de gabinete		
			Base datos nombres geográficos	Revisión preliminar base de datos nombres geográficos	
		<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</b>	<b>ESTRUCTURACIÓN CAD-SIG</b>	Digitalización	Revisión de polígonos de objetos
Estructuración de la información digitalizada	Revisión de la estructura gráfica vinculada				
Estructuración de la información restituida	Revisión archivo vinculación				
Consolidación base de datos geográfica	Revisión de la consolidación de información Digitalizada y restituida			Base datos geográfica escala	
Revisión base datos geográfica	Revisión y verificación				
Corrección base de datos geográfica	Revisión y verificación				
Base de datos geográfica	Obtención geoDatabase				
<b>VALIDACIÓN</b>		Proceso transversal			

Fuente: Instituto Geográfico Militar. (2015)

tructuración del CAD-SIG. De acuerdo a la Tabla 1, las actividades, tareas, revisiones parciales y entregables destacan la aplicación de estándares de la ISO así como de guías y normativas vigentes (Software Engineering Standards Commite, of Institute of Electric and Electronic Engineers, E.U.A. 1998), y (Series Of Geographic Information Standards 2004).

### 3. Fase de validación.

En esta fase se permite ejercer el control de calidad tanto de los insumos como de los entregables, a través de revisiones y de validaciones basadas en normativas y estándares vigentes. (Software Engineering Standards Commite, of Institute of Electric and Electronic Engineers, E.U.A. 1998), y (Series Of Geographic Information Standards 2004).

## Conclusiones

Las fases propuestas para un proceso de desarrollo de software basado en estándares de la Ingeniería puede ser reestructurado, implementado y aplicado de forma moderada al proceso de producción de cartografía digital en el Instituto Geográfico Militar, complementado con la utilización tanto de normativas como de regulaciones vigentes dadas por la Ley y Reglamento de Cartografía Nacional como por la ISO 19100 Series Of (Geographic Information Standards 2004).

La unificación y combinación de modelos de desarrollo de software permite la mejora continua tanto de insumos como de productos finales para el proceso de cartografía digital, basados en la calidad, estandarización, regulaciones, usabilidad, entre otros, de los mismos.

La generación de productos cartográficos se verá fortalecida proporcionalmente conforme a la aplicación e implementación de estándares, normas y regulaciones en las diferentes actividades, tareas, controles de revisión y entregables, generadas y definidas a lo largo del proceso.

La implementación de modelos de calidad aplicados al software y su integración podrán ayudar a incrementar la calidad tanto de insumos como de entregables y a mejorar, optimizar y hacer más efectivo y eficiente el proceso de generación de productos cartográficos.

## Referencias bibliográficas

- Bauer, F.L. (1972) Software Engineering, Information Processing, 71, North Holland Publishing Co., Amsterdam.
- García, P.G. (2015). Mejora continua de procesos, 4-5.

- Pressman, R. S., & Troya, J. M. (2005). Ingeniería del software (No. 001.64 P74s.). McGraw Hill.
- Sommerville, L., & Galipienso, M. I. A. (2005). Ingeniería del software. Pearson Educación.
- Soria, F. J. Z., Galipienso, M. I. A., & Artificial, I. (2003). La Ingeniería del Software en el currículo del Ingeniero en Informática. Novática: Revista de la Asociación de Técnicos de Informática, (161), 43-50.
- Vargas, E., & De Oto, L. (2014). Captura de datos procesos de producción de Cartografía en el Instituto Geográfico Nacional, 2-9.

## DEFINICIÓN DEL PROCESO DE FISCALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES URBANOS ESCALA 1:1 000

Narváez, Rocío

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: rocio.narvaez@mail.igm.gob.ec Telf: (593) 3975100 Ext 2130

### Resumen

El actual marco legal del Ecuador, establecido fundamentalmente a través de la Constitución de la República, determina la competencia de los Gobiernos Autónomos Descentralizados para generar, mantener y actualizar los catastros urbanos, proceso donde interviene como información base la cartografía en escala 1:1.000, la cual en cumplimiento a lo estipulado en la Ley de Cartografía Nacional, debe ser supervisada, fiscalizada y aprobada por el Instituto Geográfico Militar.

El presente artículo tiene por objeto describir el proceso definido por las áreas técnicas encargadas de realizar la supervisión y fiscalización, para validar un producto cartográfico. Se realiza una descripción de los insumos requeridos, procedimientos cartográficos y estadísticos a ejecutar, así como la parametrización de los atributos a considerar.

Como resultado se tiene un flujograma de proceso que identifica las actividades a cumplir para garantizar la calidad de insumos cartográficos generados por personas naturales o jurídicas vinculadas a la elaboración de cartografía.

**Palabras clave:** Cartografía, catastro, fiscalización, validación, Gobierno Autónomo Descentralizado.

### Abstract

*The current legal framework of Ecuador, primarily established by the Constitution of the Republic, the competence of the autonomous governments are determined to build, maintain and update urban land registry, a process which acts as baseline information mapping in scale 1: 1 000 which in compliance with the provisions of the National Mapping Act, it must be supervised, audited and approved by the Military Geographical Institute.*

*This article is to describe the process defined by the technical areas responsible for supervising and monitoring to validate a cartographic products a description of the required inputs, mapping and run statistical procedures and parameterization of the attributes to consider is performed.*

*As a result we have a process flow diagram that identifies activities to meet to ensure the quality of cartographic inputs generated by natural or legal persons linked to the development of cartography.*

**Key Words:** cartography, cadastral, monitoring, validation, Decentralized Autonomous Government.

## Introducción

La generación, actualización y mantenimiento del catastro urbano es una responsabilidad específica de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) según lo establece el Art. 264 de la Constitución de la República y el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, proceso que se constituye en un disparador para la generación de información cartográfica, como información base, sobre la cual se ejecuta el levantamiento de datos catastrales.

Como su nombre lo determina, los GAD's son instituciones autónomas con independencia para la contratación, elaboración y aprobación de esta cartografía base, condición que ha determinado el objetivo del presente artículo, en la necesidad de contar con procesos y actividades de control de calidad de la información, que garanticen el cumplimiento de los requerimientos mínimos de una cartografía a escala 1:1.000, establecida para las áreas urbanas, en aspectos de georeferenciación, exactitud posicional, consistencia, entre otros.

Más allá del cumplimiento de lo establecido en los Art. 1, 19 y 23 de la Ley de Cartografía Nacional, que claramente estipulan las actividades de supervisión y fiscalización que deben ejecutarse, están las obligaciones institucionales de garantizar el uso adecuado de los recursos del Estado, en la obtención de cartografía de calidad, multifinanciaría, compatible, adecuada y oportuna, que pueda ser puesta a disposición de todos los usuarios a través de las plataformas de geoinformación como el Sistema Nacional de Información y los geoportales institucionales.

Es así como el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.), definió el proceso para realizar el control de calidad necesario, denominado como fiscalización, que a continuación se describe para el caso específico de la cartografía base con fines catastrales urbanos escala 1:1.000.

Este trabajo, realizado sobre la base de los elaborados para la fiscalización del proyecto SIGTIERRAS, fue mejorado con el aporte de los profesionales responsables de la ejecución de los procesos de la Gestión de Geoinformación y con la participación de aquellos profesionales, de diversas áreas, que cuentan con una valiosa experiencia en la ejecución de catastro urbano con el I.G.M.

## Metodología

### Objetivo

Generar un proceso de fiscalización para cartografía base con fines catastrales urbanos escala 1:1.000.

## Insumos y materiales

Proceso de fiscalización declarado por la Gestión de Normativa en el año 2008.

Protocolos de fiscalización generados para el proyecto SIGTIERRAS en el año 2010.

Informes de fiscalización del proyecto SIGTIERRAS del año 2012.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO-2859-1:2009.

Norma ISO 19157

## Desarrollo

La metodología aplicada para la determinación del proceso de fiscalización de cartografía base para catastro urbano escala 1:1.000, se basa en:

### I. Revisión documental

Recopilación y análisis de documentos disponibles sobre control de calidad cartográfica como normas, manuales y protocolos.

### II. Definición de los elementos básicos a representar

Con base en el Catálogo de Objetos para Cartografía Base con Fines Catastrales elaborado entre el MIDUVI y el IGM en el año 2015, que se encuentra en proceso de aprobación y en la experiencia de profesionales en la ejecución de proyectos de catastro urbano, se determina que existe la necesidad de contar con dos catálogos de objetos, un inicial que contendrá los elementos mínimos a representar en un levantamiento cartográfico preliminar previo a la intervención predial y un final, donde se incluirán todos los elementos a considerar en la cartografía base, generado posterior a la intervención predial.

### III. Diagramación de proceso propuesto

A través de un trabajo participativo con los profesionales de la Gestión de Geoinformación del IGM, se elabora el proceso de fiscalización, definido en un diagrama de flujo.

### IV. Validación del proceso

Concretada la propuesta de proceso, con la participación de los profesionales de las áreas que lo ejecutarán, específicamente Geodesia y Cartográfico, se procede a su revisión y validación.

### V. Redacción del documento

Se elaboran los documentos que concretan el proceso de fiscalización y los protocolos que se aplicarán para su ejecución.

La Metodología utilizada ha permitido trabajar sobre experiencias anteriores principalmente con el proyecto SIGTIERRAS e ir adaptando el proceso a la cartografía base con fines catastrales urbanos, contando con

el conocimiento en la ejecución de catastros urbanos de profesionales del IGM, que permitieron definir de forma clara las actividades a ejecutar y los parámetros a considerar.

Existe sin embargo la necesidad de realizar las mejoras que correspondan conforme el avance de los trabajos, con el objeto de ir optimizando la metodología y el proceso.

## Resultados

Como resultado se obtiene el proceso para realizar la validación de la cartografía base para catastro urbano escala 1:1.000, Gráfico 1., el mismo que se describe a continuación en dos etapas:

**I Etapa:** Preparación de datos y evaluación de la exactitud posicional.

En esta etapa se reciben los datos contenidos en un archivo digital correspondientes a un levantamiento preliminar donde algunos elementos cartográficos serán de carácter opcional, es decir no existe obligación de que se encuentren representados en la cartografía, en consideración de que posterior a la intervención catastral en campo, el levantamiento será completado, de manera que se evite la duplicación de trabajo, según lo especificado en la Tabla 1. Catálogo de Objetos Inicial.

El área de cobertura cartográfica será dividida "en unidades o segmentos regulares según grilla para hojas a escala 1:1 000. Esta grilla está formada por meridianos y paralelos con una separación de 1° 15" de longitud y latitud respectivamente, con unidades o segmentos de forma casi cuadrada. Una hoja será considerada como la unidad espacial de análisis" para la fiscalización (IGM, 2016: p.5).

Para la definición del tamaño de la muestra se aplica la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO-2859-1:2009, con un nivel de inspección reducido y la selección de la muestra se realiza con el método aleatorio sistemático.

Una vez identificadas las hojas a ser evaluadas, se realiza el posicionamiento de aproximadamente 30 puntos en el terreno, para la obtención de sus coordenadas planas, Norte y Este, que ser comparadas con las coordenadas de los mismos puntos obtenidos del archivo digital entregado.

Para la aprobación o rechazo de la hoja se aplica una prueba de hipótesis estadística con 90% de nivel de confianza y para la aprobación o rechazo del levantamiento se aplicará la norma ya citada.

**II Etapa:** Evaluación de completación, consistencia lógica y exactitud temática.

En esta etapa se trabaja sobre un nuevo archivo digital que contenga el levantamiento cartográfico base completo, acorde a lo definido en la Tabla 2. Catálogo de Objetos Final.

Sobre la muestra de hojas definida en la I Etapa se aplica la Norma ISO 19157, para evaluar la completación, consistencia lógica y la exactitud temática.

La evaluación se realiza sobre el 100% de objetos presentes en la hoja con una prueba de hipótesis estadística para las medias con un 90% de nivel de confianza para la aprobación o rechazo.

Para la aprobación del levantamiento se aplicará la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO-2859-1:2009.

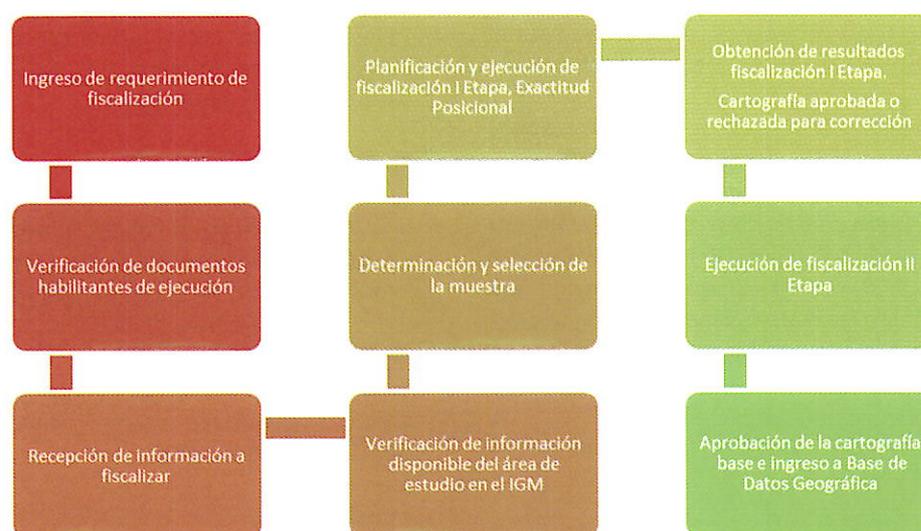


Gráfico 1. Flujo de proceso fiscalización cartografía base con fines catastrales  
Fuente: Instituto Geográfico Militar. (2016)

Tabla 1. Catálogo de objetos para cartografía base con fines catastrales escala 1:1000 inicial.

Categoría	Subcategoría	Nombre	Requerimiento	Definición	Geometría		
INFRAESTRUCTURA DE INDUSTRIA Y SERVICIOS	COMUNICACIONES / TRANSMISIONES	Posta	Obligatorio	Poste utilizado para soportar uno o más cables	Punto		
	CONSTRUCCIONES	Edificio	Obligatorio	Construcción independiente cubierta y con paredes destinada a la ocupación humana, lugar de trabajo, recreación y/o habitación.	Línea		
GEOGRAFÍA SOCIOECONÓMICA	ASOCIADO A POBLADOS	Cerca	Obligatorio	Barrera artificial construida por el hombre de estructura relativamente liviana utilizada para delimitar.	Línea		
		Plaza Pública	Obligatorio	Sitio abierto que sirve como lugar de reunión pública en una zona poblada para diversos usos.	Línea		
		Torra	Opcional	Estructura relativamente alta y delgada, que puede presentarse sola o puede formar parte de otra estructura.	Punto		
		Muro	Obligatorio	Barrera hecha por el hombre de material resistente utilizado como límite o para protección.	Línea		
		Escalinata	Opcional	Serie de escalones o gradas que sirven para subir a un plano más elevado o bajar a uno inferior.	Línea		
	RECREACIÓN	Cerca Viva	Obligatorio	Crecimiento continuo de arbustos plantados como una cerca, una frontera y/o una barrera contra el viento, utilizada para delimitar.	Línea		
		Campo Deportivo	Opcional	Lugar al aire libre destinado a actividades deportivas, ejercicios o juegos.	Línea		
		Parque	Obligatorio	Área utilizada con propósitos recreacionales u ornamentales.	Línea		
		Piscina	Opcional	Construcción destinada a contener agua con fines de recreación y natación.	Línea		
		Estadio	Obligatorio	Infraestructura que parcial o totalmente rodea un campo deportivo, diseñada para permitir a los espectadores ver un evento de pia o sentados.	Línea		
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	FERROCARRILES	Línea Férrea	Obligatorio	Construcción generalmente circular u ovalada, de cielo abierto, rodeada por gradinetes para los espectadores.	Línea		
		Una o más vías de ferrocarril que comprende una red utilizada para el transporte de pasajeros y/o carga.	Línea				
	TRANSPORTE TERRESTRE	Intercambiador Vial	Opcional	Un sistema de interconexión de carreteras, situados en un cruce de vías, que prevé la libre circulación de tráfico entre dos o más rutas en diferentes niveles.	Línea		
		Vía o Ruta	Opcional	Trayecto con una superficie especialmente preparada para ser usada por vehículos a ruedas, generalmente a motor.	Línea		
		CRUCES Y ENLASES	Puente	Opcional	Estructura que conecta dos lugares y facilita el paso de una ruta de transporte (por ejemplo carretera o línea férrea) sobre un obstáculo del terreno (por ejemplo: cuerpo de agua, barranco y/o carretera).	Línea	
	Túnel		Opcional	Paso subterráneo, abierto en ambos extremos para establecer una vía de transporte.	Línea		
	Puente Peatonal		Opcional	Estructura elevada o suspendida que permite el paso de peatones.	Línea		
	Parterre		Obligatorio	Divisor entre dos rutas de transporte para separar el flujo del tráfico (por ejemplo, en direcciones opuestas).	Línea		
	Paseo peatonal / ciclo vía		Opcional	Franja de terreno pavimentada o mejorada que tiene por objeto servir como una vía para peatones, animales y/o vehículos no motorizado.	Línea		
	ASOCIADO A TRANSPORTACIÓN	Parqueadero	Opcional	Lugar o estructura utilizada para el estacionamiento de vehículos.	Línea		
		Acera	Obligatorio	Ruta pavimentada o mejorada para uso del peatón, normalmente se encuentra adyacente y paralela a una calle o carretera.	Línea		
		Bordillo	Obligatorio	Borde de hormigón, asfalto o piedras que forman parte de un canal a lo largo del borde de una calle o carretera.	Línea		
		Alcantarilla	Opcional	Ducto que permite el cruce de un cauce de agua bajo una vía u otra infraestructura, así como una construcción destinada a evacuar aguas residuales.	Punto		
		HIDROGRAFÍA Y OCEANOGRAFÍA	ZONAS COSTERAS	Orilla	Opcional	Línea donde una masa de tierra está en contacto con un cuerpo de agua.	Línea
				Isla	Opcional	Divisor entre dos rutas de transporte para separar el flujo del tráfico (por ejemplo, en direcciones opuestas).	Línea
PUERTOS Y MUELLES			Puerto	Opcional	Masa de tierra más pequeña que un continente y rodeada por agua.	Línea	
			REGULACIÓN Y/O ZONAS RESTRINGIDAS	Granja acuática	Opcional	Lugar con instalaciones de terminales y de transferencia de carga y/o descarga de mercancías o pasajeros, que normalmente se encuentra en una bahía.	Línea
AGUAS INTERIORES	Acueducto		Obligatorio	Área cerrada de agua utilizada para la reproducción o cría de camarones, peces y similares.	Línea		
	Acueducto		Obligatorio	Un tubo o canal artificial que está diseñado para transportar agua desde una fuente remota, generalmente por gravedad, para el suministro de agua dulce, agrícola, o uso industrial.	Línea		
	Acequia		Obligatorio	Excavación poco profunda construida en tierra a modo de canal con propósitos de drenaje o irrigación.	Línea		
	Zanja		Obligatorio	Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra, generalmente para delimitar sembríos o parcelas o usos semejantes.	Línea		
	Río	Obligatorio	Curso de agua que fluye naturalmente.	Línea			
	Estanque	Opcional	Depósito construido para recolección o almacenamiento de agua para consumo humano o agropecuario.	Línea			
FISIOGRAFÍA	REPRESENTACIÓN DE RELIEVE	Lago	Opcional	Cuerpo de agua, rodeada por tierra.	Línea		
		Sistema	Opcional	Contenedor cubierto, construido por el hombre utilizado para recolectar y almacenar el agua.	Línea		
		Curva de Nivel	Opcional	Línea que conecta puntos que tienen el mismo valor de altura respecto a un datum vertical.	Línea		
		Punto Acotado	Opcional	Lugar designado con un valor de elevación relativa con respecto a un datum vertical.	Punto		
AERONÁUTICA	AEROPUERTOS Y SUPERFICIES DE ILUMINACIÓN Y/O MOVIMIENTO	Punto de control	Obligatorio	Objeto en el terreno de ubicación conocida, donde se ha determinado las coordenadas horizontal y/o vertical por métodos geodésicos o topográficos.	Punto		
		Pista de Aterrizaje	Opcional	Área rectangular definida en un campo de aviación o aeropuerto, utilizada para despegue y aterrizaje de aeronaves.	Línea		
		Helipuerto	Opcional	Antídromo utilizado para aterrizaje y despegue vertical de helicópteros.	Línea		
TOPONIMIA	NOMBRES	Aeropuerto	Obligatorio	Zona provista de un conjunto de pistas, instalaciones y servicios destinados al tráfico regular de aeronaves.	Línea		
		Nombre de Sitio	Opcional	Lugar que normalmente no tiene nombre específico, tiene un nombre que es necesario que se muestre en alusión a su ubicación.	Punto		
		Nombre Geográfico	Opcional	Nombre usado para referirse a una característica geográfica.	Punto		

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2016.

## Conclusiones

El Instituto Geográfico Militar tenía un proceso de fiscalización genérico levantado y protocolos de fiscalización para escala 1:5.000 elaborados en el año 2010 para el proyecto SIGTIERRAS, que sumados a las normas nacionales e internacionales como la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO-2859-1:2009 y la Norma ISO 19157, que facilitaron el marco para la generación de un proceso más específico de fiscalización de cartografía escala 1:1 000.

La aplicación de este proceso permitirá garantizar la calidad de los levantamientos cartográficos base, ejecutados por personas naturales y jurídicas autorizadas por el Instituto, así como generar una base de datos geográfica que consolide los distintos trabajos en diversas áreas urbanas del país.

Los documentos que se publicarán para el acceso de todos los usuarios serán los protocolos de fiscalización, a través de los distintos medios de comunicación.

## Bibliografía

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO-2859-1:2009. Recuperado de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/NORMAS\\_2014/ACO/17122014/nte-inen-iso-2859-1-ext-conf.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/ACO/17122014/nte-inen-iso-2859-1-ext-conf.pdf)
- Instituto Geográfico Militar. (2010). Protocolos de fiscalización para cartografía escala 1:5 000.
- International Organization for Standardization. (2014). Información geográfica. Calidad de datos. (ISO 19157:2013).

Tabla2. Catálogo de objetos para cartografía base con fines catastrales escala 1:1000 final.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	Nombre	Requerimiento	Definición	GEOMETRÍA	
INFRAESTRUCTURA DE INDUSTRIA Y SERVICIOS	COMUNICACIONES / TRANSMISIONES / CONSTRUCCIONES	Poste	Obligatorio	Poste utilizado para soportar uno o más cables	Punto	
		Edificio	Obligatorio	Construcción independiente cubierta y con paredes destinada a la ocupación humana, lugar de trabajo, recreación y / o habitación.	Línea	
GEOGRAFÍA SOCIOECONÓMICA	ASOCIADO A POBLADOS	Cerca	Obligatorio	Barrera artificial construida por el hombre de estructura relativamente liviana utilizada para delimitar.	Línea	
		Plaza Pública	Obligatorio	Sitio abierto que sirve como lugar de reunión pública en una zona poblada para diversos usos.	Línea	
		Torre	Opcional	Estructura relativamente alta y delgada, que puede presentarse sola o puede formar parte de otra estructura.	Punto	
		Muro	Obligatorio	Barrera hecha por el hombre de material resistente utilizado como límite o para protección.	Línea	
		Escalinata	Obligatorio	Serie de escalones o gradas que sirven para subir a un plano más elevado o bajar a uno inferior.	Polinomio	
		Cerca Viva	Obligatorio	Crecimiento continuo de arbustos plantados como una cerca, una frontera y/o una barrera contra el viento, utilizada para delimitar.	Línea	
	RECREACIÓN	Campo Deportivo	Obligatorio	Lugar al aire libre destinado a actividades deportivas, ejercicios o juegos.	Línea	
		Parque	Obligatorio	Área utilizada con propósitos recreacionales u ornamentales.	Línea	
		Piscina	Obligatorio	Construcción destinada a contener agua con fines de recreación y natación.	Línea	
		Estadio	Obligatorio	Infraestructura que parcial o totalmente rodea un campo deportivo, diseñada para permitir a los espectadores ver un evento de pie o sentados.	Línea	
		Plaza de Toros	Obligatorio	Construcción generalmente circular u ovalada, de ciclo abierto, rodeada por gradieros para los espectadores.	Línea	
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	FERROCARRILES	Línea Férrea	Obligatorio	Una o más vías de ferrocarril que comprende una red utilizada para el transporte de pasajeros y/o carga.	Línea	
	TRANSPORTE TERRESTRE	Intercambiador Vial	Obligatorio	Un sistema de interconexión de carreteras, situados en un cruce de vías, que prevé la libre circulación de tráfico entre dos o más rutas en diferentes niveles.	Línea	
		Vía o Ruta	Obligatorio	Trayecto con una superficie especialmente preparada para ser usada por vehículos a ruedas, generalmente a motor.	Línea	
	CRUCES Y ENLASES	Puente	Obligatorio	Estructura que conecta dos lugares y facilita el paso de una ruta de transporte (por ejemplo: carretera o línea férrea) sobre un obstáculo del terreno (por ejemplo: cuerpo de agua, barranco y/o carretera).	Línea	
		Túnel	Opcional	Paso subterráneo, abierto en ambos extremos para establecer una vía de transporte.	Línea	
	ASOCIADO A TRANSPORTACIÓN	Puente Peatonal	Opcional	Estructura elevada o suspendida que permite el paso de peatones.	Línea	
		Parterre	Obligatorio	Divisor entre dos rutas de transporte para separar el flujo del tráfico (por ejemplo, en direcciones opuestas).	Línea	
		Paseo peatonal / ciclo vía	Obligatorio	Franja de terreno pavimentada o mejorada que tiene por objeto servir como una vía para peatones, animales y/o vehículos no motorizados.	Línea	
		Parquero	Opcional	Lugar o estructura utilizada para el estacionamiento de vehículos.	Línea	
		Acera	Obligatorio	Ruta pavimentada o mejorada para uso del peatón, normalmente se encuentra adyacente y paralela a una calle o carretera.	Línea	
		Bordillo	Obligatorio	Borde de hormigón, asfalto o piedras que forman parte de un canal a lo largo del borde de una calle o carretera.	Línea	
		Alcantarilla	Opcional	Ducto que permite el cruce de un cauce de agua bajo una vía u otra infraestructura, así como una construcción destinada a evacuar aguas residuales.	Punto	
	HIDROGRAFÍA Y OCEANOGRAFÍA	ZONAS COSTERAS	Orilla	Opcional	Línea donde una masa de tierra está en contacto con un cuerpo de agua.	Línea
		Isla	Obligatorio	Masa de tierra más pequeña que un continente y rodeada por agua.	Línea	
PUERTOS Y MUELLES		Puerto	Obligatorio	Lugar con instalaciones de terminales y de transferencia de carga y / o descarga de mercancías o pasajeros, que normalmente se encuentra en una bahía.	Línea	
REGULACIÓN Y/O ZONAS RESTRINGIDAS		Granja acuática	Obligatorio	Área cerrada de agua utilizada para la reproducción o cría de camarones, peces y similares.	Línea	
AGUAS INTERIORES		Acueducto	Opcional	Un tubo o canal artificial que está diseñado para transportar agua desde una fuente remota, generalmente por gravedad, para el suministro de agua dulce, agrícola, o uso industrial.	Línea	
		Acosquia	Obligatorio	Excavación poco profunda construida en tierra a modo de canal con propósitos de drenaje o irrigación.	Línea	
		Zanja	Obligatorio	Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra, generalmente para delimitar sembríos o parcelas o usos semejantes.	Línea	
		Río	Obligatorio	Curso de agua que fluye naturalmente.	Línea	
		Estanque	Opcional	Depósito construido para recolección o almacenamiento de agua para consumo humano o agropecuario.	Línea	
		Lago	Obligatorio	Cuerpo de agua, rodeada por tierra.	Línea	
		Cisterna	Opcional	Contenedor cubierto, construido por el hombre utilizado para recolectar y almacenar el agua.	Línea	
FISIOGRAFÍA		REPRESENTACIÓN DE RELIEVE	Curva de Nivel	Opcional	Línea que conecta puntos que tienen el mismo valor de altura respecto a un datum vertical.	Línea
			Punto Acotado	Opcional	Lugar designado con un valor de elevación relativa con respecto a un datum vertical.	Punto
	Punto de control		Obligatorio	Objeto en el terreno de ubicación conocida, donde se ha determinado las coordenadas horizontal y/o vertical por métodos geodésicos o topográficos.	Punto	
AERONÁUTICA	AEROPUERTOS Y SUPERFICIES DE ILUMINACIÓN Y/O MOVIMIENTO	Pista de Aterrizaje	Obligatorio	Área rectangular definida en un campo de aviación o aeropuerto, utilizada para despegue y aterrizaje de aeronaves.	Línea	
		Helipuerto	Obligatorio	Aeródromo utilizado para aterrizaje y despegue vertical de helicópteros.	Línea	
		Aeropuerto	Obligatorio	Zona provista de un conjunto de pistas, instalaciones y servicios destinados al tráfico regular de aeronaves.	Línea	
TOPONIMIA	NOMBRES	Nombre de Sitio	Opcional	Lugar que normalmente no tiene nombre específico, tiene un nombre que es necesario que se muestre en altitud a su ubicación.	Punto	
		Nombre Geográfico	Opcional	Nombre usado para referirse a una característica geográfica.	Punto	

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2016.



## MAPA PRELIMINAR DE LAS PERTURBACIONES DE GRAVEDAD PARA EL ECUADOR CONTINENTAL

Barahona, Christian & Tierra, Alfonso

Grupo Geoespacial • Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) • Av. Gral. Rumiñahui s/n • Sangolquí - Ecuador • P.O. Box 171-5-231B

Email: [cabarahona1@espe.edu.ec](mailto:cabarahona1@espe.edu.ec)

Email: [artierra@espe.edu.ec](mailto:artierra@espe.edu.ec)

### Resumen

El geoide ha sido y seguirá siendo el foco de muchas investigaciones, realizándose varios métodos para poder determinarlo. La fórmula de Stokes en función de las anomalías de la gravedad proporciona la distancia entre el geoide y el elipsoide conocido como ondulación o altura geoidal. La fórmula de Stokes admite la inexistencia de masas encima del geoide, lo que no ocurre con la Tierra, pues sus masas topográficas son externas a ella. Para su aplicación hay que hacer reducciones gravimétricas, pero hay que admitir ciertas hipótesis sobre el conocimiento de la densidad de las masas. Con el desarrollo de los Sistemas de Navegación Global – GNSS es posible obtener la altura elipsoidal sobre el mismo punto en donde es medida la gravedad. Siendo factible que se pueda calcular la perturbación de la gravedad mediante la diferencia entre la gravedad observada y la gravedad normal calculada en el mismo punto sobre la superficie terrestre. Esta perturbación es fundamental para poder utilizar la teoría de Molodensky, que en su formulación no hace ninguna hipótesis de las masas terrestres. El objetivo de este trabajo es calcular la perturbación de gravedad en el área del Ecuador a partir de valores de gravedad y de la gravedad normal referida al elipsoide GRS80. En los puntos se conocía la gravedad y se hicieron rastreos GPS (Global Positioning System). En algunos puntos se conocía la gravedad y la altura nivelada, por lo que, para calcular la altura elipsoidal se hizo a partir del modelo neuronal del geoide local para el Ecuador. De esta manera, se generó el primer mapa preliminar de las perturbaciones de gravedad para el Ecuador.

**Palabras Clave:** Perturbación de gravedad, gravedad normal, GPS, altura elipsoidal, elipsoide.

### Abstract

*The geoid has been and it will continue being the focus of many investigations, carried out by several methods in order to be determined. Stokes' formula based on the gravity anomalies provides distance between the geoid and ellipsoid known as undulation or geoid height. Stokes formula admits the absence of masses above the geoid, because its topographic masses are external. For its application it is necessary to perform gravimetric reductions, allowing certain assumptions about the knowledge of the density of the masses. With the development of the Global Navigation Satellite Systems - GNSS is possible to obtain the ellipsoidal height above the same point where gravity is determined. When feasible it is possible to calculate the gravity disturbance by the difference between the observed gravity and the normal gravity calculated at the same point on the Earth's surface. This disturbance is essential to use Molodensky theory, which in its formulation makes no assumptions of the land masses. The main aim of this research is to calculate the gravity disturbance in the area of Ecuador from gravity values and normal gravity referred to GRS80 ellipsoid. Global Positioning System (GPS) scans were made in known gravity points. At some points the due to the known height level and gravity, the calculation of the ellipsoidal height was made from local geoid neural model for Ecuador. Thus, the first preliminary map of the disturbances of gravity for Ecuador has been generated.*

**Keywords:** Gravity disturbance, normal gravity, GPS, ellipsoidal height, ellipsoid.

## Introducción

Las anomalías de gravedad corresponden a la diferencia de la aceleración de gravedad teórica y la aceleración de la gravedad medida, la primera referida a un punto en el elipsoide de nivel y la segunda correspondiente al mismo punto, observado en la superficie terrestre pero reducida al geode. Su uso primordial es definir la figura de la Tierra a través del geode, ya que permiten determinar el potencial perturbador terrestre caracterizando las desviación del campo de gravedad real con el normal (Zakatov, 1997). Existen también, usos en la geofísica destinados a determinar la distribución de la densidad de las masas en el interior de la Tierra y así conocer las estructuras geológicas existentes (Pedraza & Tocho, 2011). De tal modo, dicha diferencia corresponde al vector anomalía de gravedad, donde su magnitud es la anomalía de gravedad y su diferencia en dirección es la desviación de la vertical (Heiskanen & Moritz, 1985).

Como se comparan los valores de gravedad en las superficies real y normal, los datos necesarios para el cálculo de las anomalías de gravedad serían, la gravedad normal calculada de acuerdo a un elipsoide de referencia y la gravedad real en el geode. Pero debido a que las mediciones correspondientes a gravedad real, son realizadas a través de gravímetros relativos sobre la superficie terrestre, estas no son comparables con la gravedad normal, siendo fundamental realizar reducciones de la gravedad observada hacia el geode. Como las mediciones geodésicas deben ser reducidas hacia el geode, se aplica el método de la integral de Stokes, basado en la premisa que no existan masas atrayentes fuera del geode y que sobre esta superficie se mida la gravedad (Moritz & Yurkina, 2000). Para esto se necesita, inicialmente la regularización de la Tierra donde se descuenta de la gravedad observada, la influencia gravitacional de las masas terrestres que se encuentra fuera del geode, para la correspondiente reducción de la gravedad (Sánchez, 2003).

El método de Stokes presenta un serio inconveniente, donde los datos de gravedad observados en la superficie terrestre deben ser reducidos hacia el geode, para lo cual se necesita conocer la geometría y la densidad de la Tierra (Sevilla, 1987). Esta densidad, existente entre la superficie terrestre y el geode, debe conocerse con exactitud, pero debido a que resulta prácticamente imposible, esto conlleva a generar diferentes hipótesis en la distribución de masas, variando los valores de gravedad de acuerdo al supuesto planteado.

Para la reducción de la gravedad, desde la superficie terrestre hacia el geode, se aplica la corrección gravimétrica correspondiente. El fundamento básico corresponde a que las masas fuera del geode deben ser removidas. Existen varios tipos de reducciones existentes (p. ej.: aire libre, Bouguer, isostáticas), los

cuales difieren de la forma en que las masas topográficas son desplazadas (Torge, 2001). Cada hipótesis generará valores diferentes para las condiciones de frontera, conllevando a tener diferentes tipos de anomalías de gravedad y por lo tanto, diferentes geoides (Sánchez, 2003).

También se puede comparar la gravedad medida y a la gravedad normal en el mismo punto. Comparando los vectores anteriores, se tiene el vector perturbación de gravedad con magnitud, perturbación de gravedad y con sentido, que es la misma desviación de la vertical del vector anomalía de gravedad, puesto que las direcciones del vector gravedad normal en la superficie terrestre y en el elipsoide son prácticamente coincidentes (Heiskanen & Moritz, 1985). De este modo, se compararía los valores de la gravedad observada en la superficie terrestre -sin la necesidad de realizar ninguna reducción ni generación de hipótesis- con la gravedad normal, trasladada desde el elipsoide de nivel hacia la superficie terrestre.

Inicialmente, a pesar de ser más simples que las anomalías de gravedad, las perturbaciones de gravedad no eran consideradas tan importantes en la geodesia terrestre puesto que solamente se conocían las alturas niveladas y se tenía únicamente un planteamiento teórico de elipsoides de nivel y por consiguiente se desconocían las alturas elipsoidales fundamentales para este cálculo. Actualmente, con el desarrollo de las técnicas satelitales de posicionamiento y la consolidación del elipsoide, se realizó el cambio de superficie terrestre de referencia hacia este, debido a las dificultades de determinar el gradiente del campo de gravedad real, siendo más sencillo reemplazarlo por el gradiente del campo de gravedad normal. Por lo tanto, cuando la superficie de referencia vertical es el geode se habla de anomalías de gravedad; y de perturbaciones de gravedad cuando la referencia es el elipsoide (Hinze, Aiken, Brozena, Coakley, & Dater, 2005).

Toda reducción debe realizarse al punto de observación y de esta manera se compara la gravedad observada y la gravedad normal en la misma superficie. Del mismo modo que, con las anomalías de altura y desviaciones de la vertical, las perturbaciones de gravedad también pueden utilizarse para determinar ondulaciones geoidales y anomalías de altura (Ferreira, Zhang, & de Freitas, 2013).

En el año de 1945, el geodesta ruso Mikhail Sergeevich Molodensky propone un método alternativo al de Stokes, en el que se descarta el planteamiento de hipótesis referentes a la distribución de las masas terrestres (Novotný, 1998), en conjunto con el desarrollo de los Sistemas de Navegación Global - GNSS, lo que hace que, actualmente sea posible determinar las alturas elipsoidales y generar un cambio fundamental para la determinación de la superficie terrestre, sin

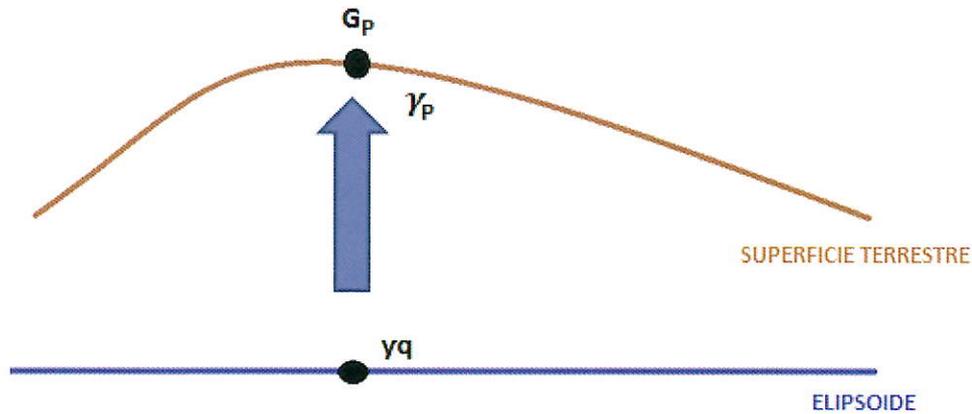


Figura 1. Elipsoide y superficie terrestre en la determinación de la perturbación de gravedad  
Fuente: Propia. 2015

utilizar la densidad de la corteza. De esta forma, se abandona el concepto y los intentos de determinar el geoido, debido al cambio de superficie de referencia hacia el elipsoide, lo que genera que las perturbaciones de gravedad y las desviaciones de la vertical se refieran exclusivamente al terreno (Heiskanen & Moritz, 1985).

La perturbación de gravedad es fundamental para utilizar la teoría de Molodensky debido a que no se realizan formulaciones en cuanto a la densidad de las masas terrestres y se realizaron los cálculos, trasladando a la superficie terrestre los valores reales y normales de gravedad, con el objetivo de compararlos en la misma superficie.

**Metodología**

Para el cálculo de perturbaciones de gravedad los datos indispensables son los valores de gravedad observada y gravedad normal para compararlos en la superficie terrestre (Ver Figura 1).

El área de estudio corresponde al territorio continental del Ecuador, en base a los datos levantados y proporcionados por el Instituto Geográfico Militar. La disponibilidad de la información entregada, fue generando limitaciones para cubrir la totalidad del territorio. De esta forma, se contó con 943 puntos que cumplían con las características necesarias para el desarrollo del proyecto, teniendo valores de GPS de precisión y gravedad observada en cada punto. Estas estaciones solo abarcaban una parte del centro del país junto a limitados trayectos en la zona oriental (Ver Figura 2).

Por lo tanto, fue necesario disponer de una mayor cantidad de estaciones para tener un mayor alcance de la zona de estudio. Se utilizó una segunda serie de datos con 11123 puntos, con valores de GPS, altura nivelada y gravedad observada en cada punto (Ver Figura 3).

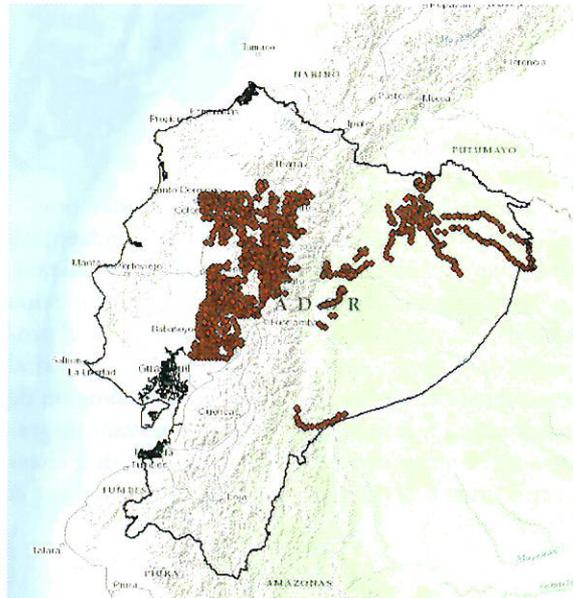


Figura 2. Serie de datos No. 1 (Valores de altura elipsoidal y gravedad observada)  
Fuente: Propia. 2015

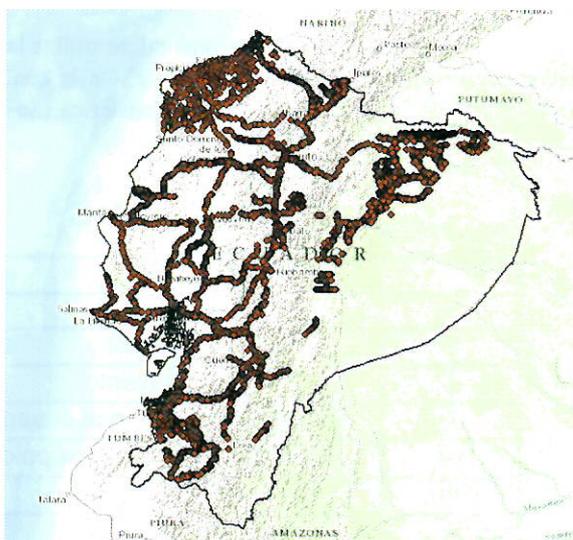


Figura 3. Serie de datos No. 2 (Valores de altura nivelada y gravedad observada)  
Fuente: Propia. 2015

Fue necesaria la unificación de los valores de ambas series para lo cual se utilizó el modelo geoidal geométrico del Ecuador proporcionado por el Instituto Geográfico Militar. Este modelo corresponde a una red neuronal artificial tipo RBF, con errores de hasta 40 cm y un error medio cuadrático de 15 cm. Es un modelo geométrico obtenido a través de la diferencia de la altura elipsooidal y alturas niveladas referidas al datum vertical "La Libertad". Con este desarrollo se redujeron los datos de la segunda serie 6963 puntos, debido a que los valores descartados, no entraban en la zona con información del modelo geoidal. Con los datos unificados se procedió al desarrollo con los datos de gravedad observada y gravedad normal para calcular la perturbación de gravedad (Ver Ecuación 1).

$$\delta g = g_p - \gamma_p \quad 1)$$

**Gravedad observada:**

Las mediciones de gravedad, realizadas por lo general por gravímetros relativos que se encuentran vinculados al marco de gravedad International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN 71). Este sistema incluye el término de Honkasalo que remueve el promedio de la fuerza de mareas, por lo que es de vital importancia adicionar una corrección en función de la latitud ( $\varphi$ ) para incluir, en el valor observado de gravedad, el promedio temporal de la fuerza de mareas (Ver Ecuación 2) (Hinze, Aiken, Brozena, Coakley, & Dater, 2005).

$$CH = 0.0371 (1 - 3 \text{sen}^2 \varphi) \quad 2)$$

**Gravedad normal:**

Para determinar la gravedad normal, se utiliza la ecuación de Somigliana (Ver Ecuación 3), en la cual se incluye la gravitación de la masa atmosférica (Somigliana, 1929).

$$\gamma = \frac{a \gamma_a \cos^2 \varphi + b \gamma_b \text{sen}^2 \varphi}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \text{sen}^2 \varphi}} \quad 3)$$

Para hallar la gravedad teórica se utilizaron los parámetros del elipsoide GRS80 en la ecuación 3 (Ver Tabla 1).

La masa atmosférica se encuentra incluida dentro de la masa terrestre para la determinación de la gravedad teórica. Dicha masa de la atmósfera no afecta a los valores de gravedad medidos, pero debe ser sustraída de la gravedad normal (Hinze, Aiken, Brozena, Coakley, & Dater, 2005). La corrección atmosférica (Ver Ecuación 4) se encuentra en función de la altura elipsooidal de la estación.

$$C_{atm} = 0.874 - 9.9 \times 10^{-5} h + 3.56 \times 10^{-9} h^2 \quad 4)$$

Para trasladar la gravedad normal calculada en el elipsoide hacia la superficie terrestre, se debe realizar una corrección de altura. Esta corrección no es más que una corrección de aire libre, basada en la altura elipsooidal (Hinze, Aiken, Brozena, Coakley, & Dater, 2005).

La fórmula corresponde a la gravedad normal en un punto de latitud ( $\varphi$ ) que se ubica a una altura ( $h$ ) por encima del elipsoide (Heiskanen & Moritz, 1985) (Ver Ecuación 5).

$$dh = -\frac{2\gamma_a}{a} \left[ 1 + f + m + \left( -3f + \frac{5}{2}m \right) \text{sen}^2 \varphi \right] h + \frac{3\gamma_a h^2}{a^2} \quad 5)$$

Desarrollando la Ecuación 5 con los parámetros del elipsoide GRS 80, descritos en la Tabla 1, se llega a la siguiente fórmula (Ver Ecuación 6):

$$dh = -(0.3087691 - 0.0004398 \text{sen}^2 \varphi) h + 7.2128 \times 10^{-8} h^2 \quad 6)$$

Tabla 1. Parámetros del elipsoide GRS80.

PARÁMETRO		VALOR	UNIDAD
a	Eje mayor	6378137	m
b	Eje menor	6356752,3141	m
f	Achatamiento	0,003352810681	
$\gamma_a$	Gravedad normal en el ecuador	978032,67715	mgal
$\gamma_b$	Gravedad normal en los polos	983218,7346	mgal
m	$\omega^2 a^2 b^2 / GM$	0,00344978600308	
$\omega$	Velocidad angular	$7292115 \times 10^{-11}$	rad/s
GM	Constante de gravitación	$3986005 \times 10^8$	$m^3 / s^2$

Fuente: Propia. 2015

De esta manera, la perturbación de gravedad resulta de la diferencia de la gravedad real con la gravedad normal, aplicando las correcciones determinadas anteriormente. Resulta la adición de la corrección de Honkasalo a la gravedad observada y la sustracción de la corrección atmosférica y la corrección de altura de la gravedad teórica (Ver Ecuación 7).

$$\delta g = g_p + CH - (\gamma_q - C_{atm} - dh) \quad 7)$$

**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Inicialmente, en el análisis de los datos obtenidos se pudieron determinar los valores máximos y mínimos de altura elipsoidal y gravedad observada en las dos series de datos.

En la serie No. 1, de acuerdo a la altura elipsoidal se obtuvo un valor máximo de 4833,5 m en la zona del volcán Cotopaxi, presentando 976783,02 mgal en gravedad observada y un mínimo de 23,2 m en Babahoyo con 978055,415 mgal.

De acuerdo a la gravedad observada, el valor máximo se obtuvo en Milagro, provincia del Guayas, con 978116,103 mgal a una altura elipsoidal de 29,64 m. El mínimo valor de gravedad medida, correspondió al valor máximo de altura elipsoidal mencionado ante-

riormente en las inmediaciones del volcán Cotopaxi.

En la serie No. 2, se presentó el valor máximo de gravedad observada en Daule, provincia del Guayas con 978213,2 mgal a una altura nivelada de 20,5 m. El mínimo fue cerca de la elevación Quilindaña, provincia de Cotopaxi con 976893,5 a 4548,5 m de altura nivelada.

Se dispuso finalmente de 7906 estaciones con los datos generados para aplicar la metodología descrita para calcular la perturbación de gravedad en cada punto. Posteriormente se realizó una interpolación de los datos para generar el mapa preliminar (Ver Figura 4).

Debido a la distribución de los datos, la interpolación no cubrió la totalidad del territorio nacional, dejando zonas sin información como la zona sur de la provincia de Loja, y la zona oriental de las provincias de Pastaza y Morona Santiago; sectores donde tampoco se dispuso de puntos de gravedad medida, altura elipsoidal o altura nivelada.

El análisis de los datos obtenidos, permite determinar las estadísticas correspondientes a la perturbación de gravedad en el Ecuador continental (Ver Tabla 2).

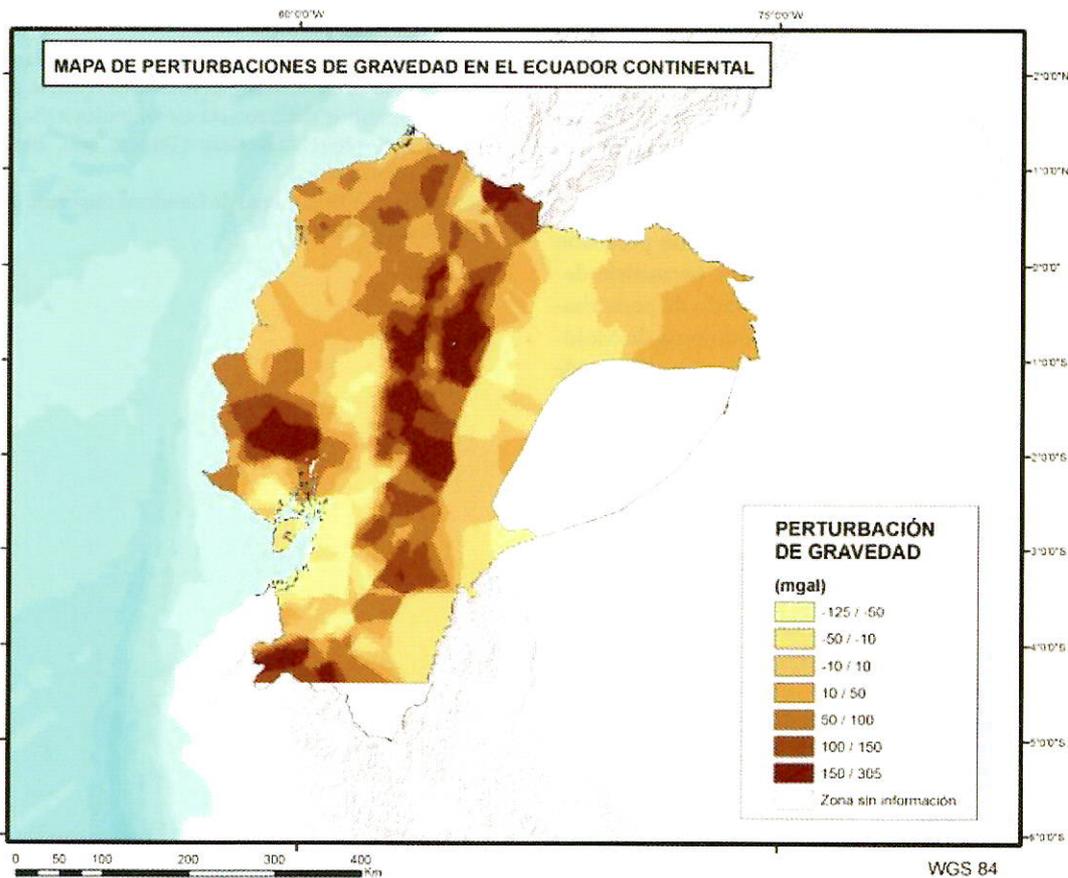


Figura 4. Mapa preliminar de las perturbaciones de gravedad para el Ecuador continental  
Fuente: Propia. 2015

Tabla 2. Estadísticas de las perturbaciones de gravedad en el Ecuador continental.

<b>MEDIA</b>	32,029 mgal
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	76,162 mgal
<b>VALOR MÁXIMO</b>	304,723 mgal
<b>VALOR MÍNIMO</b>	-125,491 mgal

Fuente: Propia. 2015

## Conclusiones

El presente proyecto fue denominado como preliminar, debido a la disponibilidad de datos utilizados para el cálculo de la perturbación de gravedad. Puesto que los datos óptimos corresponden a las estaciones que cuentan con los valores de gravedad observada y GPS de precisión.

Para alcanzar la mayor cantidad del territorio nacional se utilizaron datos de alturas niveladas, para lo cual se utilizó el modelo geoidal geométrico del Ecuador para obtener las alturas elipsoidales correspondientes.

En el territorio continental del Ecuador se observa un valor medio de 32,02 mgal de perturbación de gravedad con una desviación estándar de 76,16 mgal.

Los valores que siguen las cordilleras de la sierra ecuatoriana presentan los valores más altos de perturbación de gravedad, mientras que en las regiones oriental y costa se tienen los valores menores.

El valor máximo de perturbación de gravedad se lo obtuvo en el volcán Chimborazo con 304,723 mgal y el mínimo en Balao Chico, Guayas con -125,491 mgal.

Es necesario contar con una mayor cantidad de estaciones que dispongan de datos GPS de precisión y gravedad en el mismo punto, lo que permitiría desarrollar de una mejor manera el cálculo de perturbaciones de gravedad y aplicar la metodología de Molodensky, en la cual se descarta la utilización del geoide y de las hipótesis de la distribución de las masas internas terrestres.

## Agradecimientos

Los autores del presente proyecto quieren agradecer al Instituto Geográfico Militar por facilitar los datos de la serie No. 1. De igual forma, a la Universidad de Sao Paulo a través del Dr. Denizar Bliztkow quien facilitó los datos de gravedad observada y alturas niveladas, cuando se realizó el cálculo del geoide gravimétrico del Ecuador y que se utilizó en este trabajo dentro de la serie de datos No. 2.

## Trabajos Citados

- Ferreira, V., Zhang, Y., & de Freitas, S. (2013). Validation of GOCE gravity field models using GPS-leveling data and EGM08: a case study in Brazil. *Journal of Geodetic Science*.
- Heiskanen, W., & Moritz, H. (1985). *Geodesia Física* (Primera ed.). Madrid: Instituto Geográfico Nacional de España.
- Hinze, W., Aiken, C., Brozena, J., Coakley, B., & Dater, D. (2005). *New standards for reducing gravity data: The North American gravity database*. University of South Carolina.
- Moritz, H., & Yurkina, M. (2000). *M.S. Molodensky in memoriam*. Graz: Universität Graz.
- Novotný, O. (1998). *Motions, Gravity field and figure of the Earth*. Salvador: Universidade Federal da Bahia.
- Pedraza, A., & Tocho, C. (2011). *Análisis de nuevos estándares para reducir datos de gravedad: aplicación en Tierra del Fuego*. La Plata: Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas.
- Sánchez, L. (2003). *Determinación de la superficie vertical de referencia para Colombia*. Dresden: Technische Universität Dresden.
- Sevilla, M. (1987). *Introducción al problema clásico de Molodensky*. Madrid: Instituto de Astronomía y Geodesia.
- Somigliana, C. (1929). *Teoria generale del campo gravitazionale dell' ellisoide di rotazione* (Cuarta ed.). Milano: Memorie della società astronomica italiana.
- Torge, W. (2001). *Geodesy* (Tercera ed.). Berlin: Walter de Gruyter.
- Zakatov, P. (1997). *Curso de Geodesia Superior*. Madrid: Rubiños 1860.

## LA PARTICIPACIÓN DEL IGM EN EL EJERCICIO ESTRATÉGICO DE GESTIÓN DE RIESGOS

Delgado, Rafael & Guerrón, Paulina

Instituto Geográfico Militar • Ecuador

Email: [rafael.delgado@mail.igm.gob.ec](mailto:rafael.delgado@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2008

Email: [paulina.guerron@mail.igm.gob.ec](mailto:paulina.guerron@mail.igm.gob.ec) • Telf: (593) 3975100 • Ext. 2113

### Resumen

A finales del 2015, el Ecuador enfrentaba dos amenazas naturales de gran impacto, la posible erupción del volcán Cotopaxi e Inundaciones a consecuencia del fenómeno de "El Niño", ante esta situación las Fuerzas Armadas en apoyo a la Secretaría de Gestión de Riesgos, lidera, planifica y ejecuta "El Ejercicio Estratégico de Gestión de Riesgos ante la eventualidad de la erupción del volcán Cotopaxi y el fenómeno de "El Niño". En este contexto el apoyo brindado por el IGM se visualizó en el amplio despliegue del personal civil y militar en las siguientes líneas: 1. Elaboración del video de la Situación General, el mismo que fue expuesto en la Ceremonia de Inauguración del Ejercicio. 2. Proceso de acreditación al personal militar y civil que participaron en el Ejercicio, a través de la impresión de las credenciales para identificación en PVC y lámina holográfica. 3. Dotación de todo el material cartográfico impreso y digital para el ejercicio, el mismo que fue distribuido y empleado por los diferentes actores. 4. Apoyo y entrega de geoinformación a los Centros de Información Geográfica de los Comandos Operacionales, a través del asesoramiento de un Ing. Geógrafo del IGM, que estuvo permanentemente en la ejecución del ejercicio. 5. Impresión del material publicitario y señalética del ejercicio: rotulaciones, banners, certificados de participación, entre otros. 6. Implementación de dos centros de geoinformación permanentes en las instalaciones de la Academia de Guerra y el Centro de Educación y Doctrina del Ejército, los cuales proveyeron de material cartográfico y digital oficial del ejercicio. 7. Apoyo con el aplicativo desarrollado para el cálculo de impactos ante amenazas naturales, en la sala de Directores y COE Nacional.

**Palabras clave:** Instituto Geográfico Militar, Volcán Cotopaxi, fenómeno de "El Niño", Ejercicio Estratégico, Gestión de Riesgos.

### Abstract

*At the end of 2015, Ecuador faces two natural hazards of great impact, the possible eruption of the volcano Cotopaxi and Flooding as a result of "El Niño", in this situation the Armed Forces in support of the Secretary of Risk Management, is leading plans and run "Strategic Risk Management Exercise in the event of the eruption of the volcano Cotopaxi and "El Niño". At the end of 2015, Ecuador faced two natural hazards of great impact, the possible eruption of the volcano Cotopaxi and Flooding as a result of "El Niño", in this situation the Armed Forces in support of the Secretary of Risk Management, is leading plans and run "Strategic Risk Management Exercise in the event of the eruption of the volcano Cotopaxi and El Niño". In this context, the support provided by the IGM was visualized in the broad deployment of civilian and military personnel in the following lines: 1. The video processing of the overall situation, the same as was stated in the Opening Ceremony of Exercise. 2. Accreditation process for military and civilian personnel participated in the exercise, through the printing of credentials for identification of PVC and holographic foil. 3. Provision of all printed and digital map data for the fiscal year, the same that was distributed and used by different actors. 4. Support and delivery of geo-information to the Centers for Geographic Information Operational Commands, through the advice of Ing. Geographer of the IGM, which was permanently on the execution of the exercise. 5. Print advertising material and signs of Exercise lettering, banners, certificates, among others. 6. Implementation of two permanent geoinformation centers Facility War Academy and the Center for Education and Doctrine Command, which provided official mapping and digital material for the year. 7. To support the application developed for calculating impacts to natural hazards, in the operating room ans National COE.*

**Keywords:** Military Geographical Institute, Cotopaxi Volcano, "El Niño", Strategic Exercise, Risk Management.

## Introducción

La Geoinformación o Información Geográfica es aplicada en varios ámbitos y en diferentes temáticas, la cartografía desde tiempos antiguos ha sido un instrumento fundamental, ya que es la base sobre la cual se realiza la planificación de seguridad, defensa y desarrollo nacional.

El Instituto Geográfico Militar, es la entidad encargada por el Estado ecuatoriano para generar la Base Cartográfica Básica oficial del país, de acuerdo a lo estipulado en la Ley de la Cartografía Nacional (Ecuador, Decreto Supremo 2686-B, 1978) y su Reglamento (Ecuador, Decreto Ejecutivo 2913, 1991). A nivel mundial se ha explotado al máximo las potencialidades de la Geoinformación para atender temas relacionados a la Gestión de Riesgos.

A finales del 2015, el Ecuador enfrentaba dos amenazas naturales de gran impacto, la posible erupción del volcán Cotopaxi e inundaciones a consecuencia del fenómeno de “El Niño”, ante esta situación las Fuerzas Armadas en apoyo a la Secretaría de Gestión de Riesgos, lidera, planifica y ejecuta “El Ejercicio Estratégico de Gestión de Riesgos ante la eventualidad de la erupción del volcán Cotopaxi y el fenómeno de “El Niño”.

El IGM, con su experiencia y capacidad técnica brinda apoyo al Comando Conjunto en la ejecución del ejercicio, en lo concerniente a la dotación de toda la cartografía oficial: carta de situación, mapas, ortofotos, anaglifos, acreditaciones, señalética, video de la situación general, asesoría y asistencia técnica, entre otros.

## Metodología

El apoyo brindado por el IGM se visualizó en el amplio despliegue del personal civil y militar, el cual tuvo la siguiente planificación:

**Fecha de realización:** 8, 9 y 10 de Diciembre de 2015.

**Alcance:** Nivel Nacional

**Instalaciones:** Instituto Nacional de Defensa (IN-ADE), Academia de Guerra de la Fuerza Terrestre (AGFT), Comando de Educación y Doctrina del Ejército (CEDE).

**Actores:** Los organismos, entidades e instituciones gubernamentales que son actores y brindan apoyo a la Secretaría de Gestión de Riesgos.

**Objetivo:** Apoyar a las Fuerzas Armadas en la

ejecución del ejercicio, demostrando el alto nivel técnico y operativo que dispone el Instituto y sus Centros de Información Geográfica ubicados en los Comando Operacionales.

**Responsabilidades:** El IGM para atender el requerimiento solicitado, se estructura de la siguiente manera:

### • Director de Operaciones:

- Coordinar el apoyo del IGM al ejercicio.
- Coordinaciones con el INADE.
- Elaboración del video de la Situación General.
- Comandar el puesto del IGM en la sala de Directores a ser montado.
- Las coordinaciones pertinentes con los otros Institutos: IEE e INOCAR.
- Las coordinaciones necesarias para el cumplimiento del objetivo institucional.

### • Apoyo Técnico:

- Proporcionar la geoinformación impresa y digital oficial, requerida para el ejercicio en los diferentes niveles.
- Apoyar con el área de diseño y la información que se dispone a la elaboración de los videos solicitados.
- Contribuir con el personal técnico que servirá de apoyo y asesoría en los diferentes puestos de mando.
- Imprimir y generar los CDs de los Atlas, Mapas, Cartas, Anaglifos, Ortofotocartas y demás geoinformación requerida para el ejercicio.
- Apoyar con el uso del Geoportal de FFAA en el desarrollo del ejercicio.

### • Apoyo de Investigación y Desarrollo:

- Brindar soporte en el área tecnológica referente a anchos de banda, comunicaciones, instalaciones requeridas y transferencia de información entre el INADE – AGFT– CEDE, durante el ejercicio.
- Apoyar con el aplicativo desarrollado para el cálculo de impactos ante amenazas, en el puesto de mando de sala de Directores y COE Nacional.

### • Apoyo de Seguridad Documentaria:

- Facilitar todos los medios para la impresión del material requerido para el ejercicio.
- Implementar las estaciones para las acreditaciones del personal que participará en el ejercicio Estratégico.

La ejecución del apoyo del IGM en el ejercicio, se sintetiza en los siguientes aspectos:

**1. Elaboración del vídeo de la Situación General, el mismo que fue expuesto en la Ceremonia de Inauguración del Ejercicio. (Ver Imagen 1)**

El 30 de noviembre de 2015 se recibe el nuevo guión de la segunda versión del vídeo, el cual es enviado para la respectiva grabación de la voz en off.



*Imagen 1: Imágenes del vídeo de la Situación General. Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015*

El miércoles 11 de noviembre de 2015 se reciben las indicaciones iniciales y el primer borrador del guión para el desarrollo del vídeo de la Situación Inicial por parte de los alumnos del INADE, convocándose al equipo de creatividad del IGM, donde participaron 5 servidores públicos y 1 señor voluntario, los cuales colaboraron con la edición y postproducción, fotografía, cámaras y edición, compilación de contenidos y coordinación institucional, soporte de sistemas, locución y voz en off del vídeo.

Se coordinó con personal del IEE e INOCAR, con quienes se mantuvieron reuniones de trabajo el 13 y 14 de noviembre de 2015, para la revisión y validación del contenido del vídeo, que por disposiciones superiores debía ser netamente técnico.

En el transcurso de la siguiente semana se realizaron las ediciones respectivas, de acuerdo a las observaciones y cambios en la estructura del guión, la presentación de la primera versión del producto se realizó el día viernes 20 de noviembre en el INADE, donde se decidieron cambios de forma y fondo, esta primera versión tenía una duración de 33 minutos aproximadamente.

En espera de recibir la segunda edición del guión, el equipo de producción realizó las correcciones sugeridas y realizó tomas en los simulacros de evacuación realizados en las ciudades de Latacunga y Sangolquí hasta el 27 de noviembre de 2015.

La segunda versión se presentó en el Comando Conjunto de las FF.AA. el 3 de diciembre; y, la tercera y última versión se proyectó el 6 de diciembre.

El vídeo final aprobado proyecta la situación general del Ecuador desde el aspecto continental, ambiental, sísmico, geográfico, organizado en relación a la gestión de riesgos de una posible erupción del volcán Cotopaxi y afectaciones ocasionadas por el fenómeno de “El Niño”, teniendo una duración de 19 minutos.

**2. Proceso de acreditación al personal militar y civil que participaron en el Ejercicio, a través de la impresión de las credenciales para identificación en PVC y lámina holográfica. (Ver Imagen 2).**



*Imagen 2: Fotografías del proceso de acreditación. Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015*

El domingo 7 de noviembre de 2015, se implementó en el centro de geoinformación de la Academia de Guerra, 5 estaciones de acreditación conformada por el operador, computador laptop, cámara fotográfica, impresora de tarjetas en PVC y dos estaciones de laminación, que ponían la lámina de seguridad en las acreditaciones. El domingo fue acreditado el personal militar y el lunes el personal civil, en total fueron acreditadas para el ejercicio estratégico 1300 personas.

En el proceso de acreditación participaron 6 señoritas como parte del protocolo, entregándose a todo el personal acreditado: Escudos Nacionales, Mapas Físicos y Políticos del Ecuador a escala 1:1 000 000.

### 3. Dotación de todo el material cartográfico impreso y digital para el ejercicio, el mismo que fue distribuido y empleado por los diferentes actores. (Ver Imagen 3).



*Imagen 3: Fotografías del proceso de entrega del material cartográfico y su utilización por los diferentes actores.*  
Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Con el objetivo de que el ejercicio cuente con información cartográfica digital e impresa unificada y estandarizada, se procede a utilizar la cartografía base generada por el IGM y la información oficial de las amenazas naturales consideradas: Volcán Cotopaxi (IGPN,2004), Zonas susceptibles a inundaciones (MAGAP-IEE,2015), proporcionada por la SENPLADES, oficializado por Acta.

Con la distribución de la ubicación de los diferentes actores en las tres instalaciones: INADE, AGFT y

CEDE, se procede a generar los productos cartográficos impresos y digitales de acuerdo a la necesidad operativa, generando la siguiente información:

- Mapa Físico del Ecuador con las amenazas oficiales a escala 1:1.000.000. (IGM,2013).
- Mapa Geográfico del Ecuador con las amenazas oficiales, a escala 1:500 000. (IGM,2012).
- Mapas de los Comandos Operacionales con las amenazas oficiales, a escala 1:300 000.
- Mapas de las Provincias que participaron con las amenazas oficiales, impresos escala 1:300 000. (IGM,2012).
- Mapa Regional de Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi, Zona Norte y Sur a escala 1:50 000 (IGPN,2004).
- Generación de Ortofotocartas de los sitios específicos en los cuáles se iba a realizar las situaciones, con las amenazas oficiales: Sangolquí, San Rafael, Selva Alegre, Latacunga, Salcedo, entre otros.
- Generación de Anaglifos: Se elaboraron para el ejercicio los anaglifos de: Cerro del Volcán Cotopaxi, Latacunga, San Rafael y ESPE.

Se procedió a armar KITS con los productos anteriormente mencionados, de acuerdo a las necesidades y áreas de responsabilidad de cada actor, los mismos fueron entregados el sábado 6 de noviembre de 2015 en las instalaciones de la AGFT, al personal militar que había sido asignado a cada puesto de mando, con la respectiva firma de responsabilidad.

La información cartográfica impresa y digital proporcionada por el IGM, fue utilizada por todos los actores en los diferentes niveles estratégicos, operativo y táctico.

### 4. Apoyo y entrega de geoinformación a los Centros de Información Geográfica de los Comandos Operacionales, a través del asesoramiento de un Ing. Geógrafo del IGM, que estuvo permanentemente en la ejecución del Ejercicio. (Ver Imagen 4).



*Imagen 4: Fotografías de la asistencia y asesoramiento del personal técnico del IGM.*  
Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Un Ingeniero Geógrafo con la información oficial digital, estuvo brindando apoyo y asesoría en los diferentes puestos de mando: Sala de Directores, COE Nacional, COES provinciales y cantonales, las MESAS, CO1 "NORTE", CO2 "MARÍTIMO", CO3 "SUR", CO4 "CENTRAL", CO5 "COAD", COIMC, COMALES.

Los Ingenieros destinados a los Comandos Operacionales (C.O) fueron el apoyo a los Centros de Información Geográfica (CIG) que se encuentran creados, proporcionando geoinformación a gran detalle y colaborando en la generación de las Cartas de Situación, para las respectivas presentaciones.

Los Ingenieros destinados al COE Nacional y Sala de Directores, destinaron sus esfuerzos a dar a conocer las potencialidades y funcionalidades del Geoport de FF.AA., que fue desarrollado por el IGM.

El resto de Ingenieros proporcionaron asesoría y asistencia técnica en la generación de productos temáticos solicitados por las mesas, COES Provinciales y Cantonales.

##### 5. Impresión del material publicitario y señalética del ejercicio: rotulaciones, banners, certificados de participación, entre otros. (Ver Imagen 5).



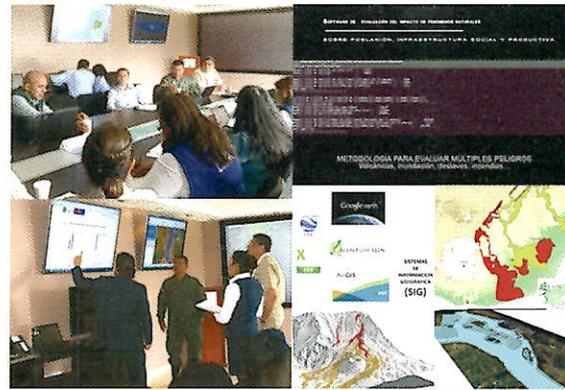
**Imagen 5:** Fotografías del material publicitario y señalética realizados para el Ejercicio  
Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

En reunión mantenida el día martes 24 de noviembre de 2016 con el Director del Ejercicio, alumnos del INADE, Comandantes de Fuerzas, Comandantes de los Comandos Operacionales, liderado por el Jefe de Estado Mayor Operacional del COMACO, se solicitó que el IGM adicional a la provisión de material cartográfico para el ejercicio, debe proveer de un instructivo o folleto con el programa que se realizaría durante el ejercicio, en el que debía constar cronograma de actividades diarias, distribución de instalaciones, coordinadores, instrucciones de coordinación y más información y señalética necesaria para el ejercicio: banners, rotulaciones, etiquetaciones, certificados, entre otros. Para dar cumplimiento a estos compromisos se dispuso la participación de 2 diseñadores gráficos.

##### 6. Implementación de dos centros de geoinformación permanentes en las Instalaciones de la Academia de Guerra y el Centro de Educación y Doctrina del Ejército, los cuales proveyeron de material cartográfico y digital oficial del ejercicio.

Se implementaron dos centros de geoinformación en la AGFT y el CEDE, los cuáles se encontraban conformados por: 1 Técnico, 1 Diseñador Gráfico, 1 Ing. de Sistemas y 1 Ing. Geógrafo. Estos centros tenían la finalidad de proveer el material cartográfico oficial del Ejercicio Estratégico, que iba siendo requerido de manera adicional a las entregas que ya fueron despachadas; de igual manera daban soporte técnico al personal militar y civil que lo solicitaba.

##### 7. Apoyo con el Aplicativo desarrollado para el cálculo de impactos ante amenazas naturales. (Ver Imagen 6).



**Imagen 6:** Fotografías de la exposición y aplicativo desarrollado para la Gestión de Investigación y Desarrollo del IGM.  
Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

Este aplicativo fue expuesto por parte del Director de Investigación del IGM y utilizado en la sala de Directores y COE Nacional, para la toma de decisiones.

En el tercer y último día, todas las unidades militares y participantes elaboraron una matriz con las lecciones aprendidas, las mismas que fueron expuestas y compiladas por el Comando Conjunto, por parte del IGM fueron las siguientes (Ver Tabla 1):

### Conclusión

El amplio despliegue y soporte brindado por el Instituto Geográfico Militar al Ejercicio Estratégico de Gestión de Riesgos, permitió el cumplimiento del objetivo: Apoyar a las Fuerzas Armadas en la ejecución del ejercicio, demostrando el alto nivel técnico y operativo que dispone el Instituto y sus Centros de Información Geográfica ubicados en los Comandos Operacionales.

Tabla 1: Matriz de lecciones aprendidas por parte del IGM.

	¿QUÉ SUCEDIÓ?	¿POR QUÉ SUCEDIÓ?	CÓMO MEJORARLO. (SOLUCIÓN ADOPTADA Y PROPUESTA).
<b>Uso de la cartografía oficial y estandarizada proporcionada por el IGM.</b>	Contribución del IGM con la geoinformación oficial para el sector Defensa, en su apoyo a la Gestión de Riesgos	Establecer como modo operandis la contribución del IGM, en este tipo de eventos nacionales	Uso de la cartografía oficial y estandarizada proporcionada por el IGM.
<b>Desconocimiento por parte de los CC.OO del potencial e información que disponen los CIG, implementados en cada Comando.</b>	Incumplimiento de la Directiva CCFFAA-G3-sg-2015-003-O.DIR de 23-FEB-015	Se recomienda que los CIG de los CC.OO, pertenezcan administrativa y orgánicamente al IGM.	Desconocimiento por parte de los CC.OO del potencial e información que disponen los CIG, implementados en cada Comando.
<b>Desconocimiento por parte del personal militar de los beneficios y funcionalidades del Geoportal de FF.AA. desarrollado por el IGM</b>	Falta de divulgación de los CIG de los CC.OO.	Coordinación con las Direcciones de Comunicación Social de las Fuerzas, para su divulgación y promoción.	Desconocimiento por parte del personal militar de los beneficios y funcionalidades del Geoportal de FF.AA. desarrollado por el IGM

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2015

## Bibliografía

- LEY DE LA CARTOGRAFÍA NACIONAL. Decreto Supremo 2686-B, Registro Oficial 643 de 4 de Agosto de 1978. Art. 1
- REGLAMENTO A LA LEY DE LA CARTOGRAFÍA NACIONAL. Decreto Ejecutivo 2913, Registro Oficial 828 de 9 de Diciembre de 1991. Art. 1
- FUENTES CARTOGRÁFICAS:
  - Mapa Físico del Ecuador a escala 1:1 000 000. IGM, 2013.
  - Mapa Geográfico del Ecuador a escala 1:500 000. IGM, 2012.
  - Mapas Provinciales del Ecuador a escala 1:500 000. IGM, 2012.
  - Mapa Regional de Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi, Zona Norte y Sur a escala 1:50 000. IGE, 2014.
  - Zonas susceptibles a inundaciones. MAGAP-IEE, 2015.



Pedro Vicente Maldonado

Seniergues E4-676 y  
Gral. Telmo Paz y Miño  
PBX: [593-2] 3975 100 / 170  
Apart. Post.: 17012435

[www.igm.gob.ec](http://www.igm.gob.ec)  
[www.geoportalmgm.gob.ec](http://www.geoportalmgm.gob.ec)  
QUITO · ECUADOR

SÍGUENOS TAMBIÉN EN:



#IGMEcuador

@GeograficoMilec