

Sesión Regular

# **GEODESIA**

Organizadores:  
Enrique Cabral  
Bertha Márquez

GEOD-1

**PERTINENCIA ACTUAL DE LA GEODESIA**

Gómez Ceballos Luis Fernando, Ramírez Mendoza José de la Luz, Montiel Piña Enrique, Pastén Hernández José Manuel, Vázquez Rodríguez Oscar y Vázquez Báez Víctor

Facultad de Ingeniería, BUAP  
lgoceballos@gmail.com

En el presente trabajo se muestra, por un lado, el concepto general de geodésica y su aplicación al caso particular elipsoide general de la Tierra, y por otro lado se presentan algunos argumentos para mostrar la pertinencia de la geodesia como instrumento en el tratamiento de los problemas contemporáneos cuya solución requieren la ubicación de puntos en el espacio físico en relación con un mismo sistema coordenado terrestre.

Se concluye señalando brevemente el papel de la ciencia, el método, la tecnología y la técnica, y los requerimientos y propiedades de los sistemas coordenados y su aplicación al cuerpo de la Tierra en el proceso de la determinación de las coordenadas geodésicas.

GEOD-2

**EL MAYOR-CUCAPAH (MW 7.2) EARTHQUAKE: EARLY POSTSEISMIC DEFORMATION FROM INSAR AND GPS OBSERVATIONS**

González Ortega Alejandro<sup>1</sup>, Sandwell David<sup>2</sup>, Fialko Yuri<sup>2</sup>, Nava Pichardo Fidencio Alejandro<sup>1</sup>, Fletcher John<sup>1</sup>, González García José Javier<sup>1</sup>, Lipovsky Brad<sup>3</sup>, Floyd Michael<sup>4</sup> y Funning Gareth<sup>5</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup>IGPP Scripps Institution of Oceanography

<sup>3</sup>Stanford Department of Geophysics

<sup>4</sup>MIT Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences

<sup>5</sup>UCR Earth Sciences

aglez@cicese.edu.mx

El Mayor-Cucapah earthquake occurred on April 4, 2010, in Northeastern Baja California just south of the USA/Mexico border. The earthquake ruptured several previously mapped faults, as well as some unidentified ones, including the Pescadores, Borrego, Paso Inferior and Paso Superior faults in the Cucapah Mountains, and the Indiviso fault in the Mexicali Valley and Colorado River Delta. We conducted several Global Position System (GPS) campaign surveys of pre-existing and newly established benchmarks within 30 km of the earthquake rupture. Most of the benchmarks were occupied within days after the earthquake, allowing us to capture the very early postseismic transient motions. The GPS data show postseismic displacements in the same direction as the coseismic displacements, with time series that indicate a gradual decay in postseismic velocities, with characteristic time scales of  $66\text{Å}\pm 9$  and  $20\text{Å}\pm 3$  days assuming exponential and logarithmic decay, respectively. We also analyzed Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) data from the ENVISAT and ALOS satellites. The main deformation features seen in the line-of-sight (LOS) displacement maps indicate subsidence concentrated in the southern and northern parts of the main rupture, in particular at the Indiviso fault, at the Laguna Salada basin, and the Paso Superior fault. We show that the near-field GPS and InSAR observations over the time period of 5 months after the earthquake can be explained by a combination of afterslip, fault zone contraction, and a possible minor contribution of poroelastic rebound.

GEOD-3

**EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA DEFORMACIÓN ANTROPOGÉNICA EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C., MÉXICO, ENTRE 1993 Y 2009 DE DINSAR Y NIVELACIÓN**

Sarychikhina Olga<sup>1</sup>, Glowacka Ewa<sup>1</sup> y Robles Braulio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

osarytch@yahoo.com

Se ha ampliamente reconocido que la extracción de fluidos del subsuelo puede generar el fenómeno de subsidencia, el cual es causante de la formación de grietas y hundimientos del terreno. La subsidencia es el problema que afecta varios campos geotérmicos del mundo (e.g. Wairakei y Ohaaki en Nueva Zelanda, Geysers y Coso en EUA). En el campo geotérmico Cerro Prieto, ubicado en el Valle de Mexicali, noroeste de México, la extracción de fluidos geotérmicos produce deformaciones de gran magnitud (Glowacka et al., 1996, 1999; Carnec y Fabriol, 1999), causando considerables daños a la infraestructura local como carreteras, vías férreas, canales de riego y campos agrícolas.

La técnica de Interferometría Diferencial del Radar de Apertura Sintética (DInSAR) es una potente herramienta para la identificación y cuantificación de deformaciones de la superficie terrestre. Este trabajo presenta la aplicación de la técnica de DInSAR en el estudio de la deformación en el Valle de Mexicali. El

método de apilamiento de interferogramas diferenciales fue aplicado con el fin de resolver el problema de decorrelación temporal de la fase interferométrica. Las imágenes SAR del satélite ENVISAT (Banda-C) adquiridas entre 2003 y 2009 de paso ascendente (#306, escena 639) y descendente (#84, escena 2961), obtenidos de la Agencia Espacial Europea (ESA) como parte de proyecto CAT-1 (ID - C1P3508), fueron utilizadas. El procesamiento interferométrico fue realizado usando el software Gamma, paquetes ISP y DIFF/Geo (Wegmüller y Werner, 1997). Se generaron los mapas de tasa de deformación promedio anual para: 2005 (paso descendente), 2006 (paso ascendente y descendente), 2007 (paso ascendente y descendente), 2008 (paso ascendente y descendente) y 2009 (paso ascendente). Sin embargo, tuvimos que excluir del análisis los mapas de tasa de deformación anual para los años 2006 y 2008 debido a la presencia de una fuerte señal cosísmica del sismo de 24 de mayo de 2006, Mw = 5.4 y de enjambre sísmico de febrero de 2008 con 4 sismos de Mw > 5.0. El bajo número de imágenes disponibles para el año 2006 fue también el factor de exclusión.

En todos los mapas de tasa de deformación anual analizados se observa el patrón y la tasa de deformación similares con la tasa de subsidencia máxima de ~ 20 cm/año.

Con el fin de evaluar la evolución espacio-temporal de la deformación antropogénica en el Valle de Mexicali, los resultados de este trabajo fue comparados con los datos de nivelación de precisión de periodos 1994-1997, 1997-2006 y 2006-2009/2010 (Glowacka et al., 1999; 2006; 2012) y datos DInSAR de ERS 1/2 adquiridos en el periodo 1993#1997 (Carnec y Fabriol, 1999; Hanssen, 2001). Se observaron cambios en la tasa de hundimiento con el tiempo y la migración de la zona del hundimiento máximo.

GEOD-4

**EL USO DE TÉCNICAS GEODÉSICAS PARA EL ESTUDIO DEL CLIMA ESPACIAL**

López Montes Rebeca<sup>1</sup>, Pérez Enríquez Román<sup>1</sup> y Araujo Pradere Eduardo A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>University of Colorado, Boulder, Colorado, United States

rebeca@geociencias.unam.mx

El clima espacial tiene que ver con la variación diaria del plasma espacial solar, la Tierra y el espacio que la rodea. Gracias al reciente progreso que se ha alcanzado en el estudio sobre tormentas solares, así como tormentas y subtormentas geomagnéticas, es posible juntar todos estos fenómenos en un mismo campo de estudio del estado del tiempo en el espacio, que se denomina así, clima espacial. Hoy en día, una de las técnicas más utilizadas para conocer el estado del clima espacial es el cálculo del contenido total de electrones (TEC, por sus siglas en inglés) en la ionosfera por medio del sistema de posicionamiento global, GPS, debido a que nos brinda una visión aproximada de lo que está ocurriendo en el medio interplanetario y la Tierra, de manera relativamente fácil y accesible económicamente. Actualmente, en todos los países del mundo existen redes de estaciones permanentes o temporales de GPS, cuya información se encuentra a menudo disponible para el público en general, lo que para el ámbito científico constituyen bases de datos globales vitales para la investigación del clima espacial, entre otras áreas. El propósito de este trabajo es mostrar como el uso de técnicas geodésicas constituyen una herramienta trascendental en el estudio del clima espacial, describiendo la técnica en cuestión así como los fenómenos espaciales y terrestre que podemos entender mejor gracias a este tipo de estudios.

GEOD-5

**EVALUACIÓN DE MODELOS GEOPOTENCIALES SATELITALES RECIENTES PARA EL TERRITORIO DE MÉXICO**

García López Ramón Victorino, Monjardin Quevedo Jesús, Bermudez Barron Gladys, López Moreno Manuel y Balderrama Corral Rigoberto

Ciencias de la Tierra y del Espacio, UAS

rvgarcia@uas.edu.mx

Las misiones satelitales geodésicas de los últimos años: CHAMP, GRACE y GOCE, han producido modelos globales del campo de gravedad terrestre, llamados también modelos geopotenciales o modelos del geoide (nivel medio del mar), siendo esta la superficie geodésica fundamental de referencia vertical. Cada una de estas misiones se especializa en cierta banda del espectro con rango de ondas de longitudes medianas (40-500 km) y largas (>500 km). Los modelos geopotenciales globales se pueden complementar con modelos locales o de alta resolución para conformar modelos geoidales consistentes y precisos tanto para las longitudes de ondas largas y cortas. Para el territorio de México con dimensiones tales que incluyen longitudes de ondas largas, los modelos geopotenciales globales representan un aporte significativo en la determinación de un geoide nacional. INEGI ha publicado modelos del Geoide Gravimétrico Mexicano, el mas reciente es el GGM2010, con precisión promedio de 20-30 cm. Actualmente el modelo global mas aceptado es el EGM2008 con resolución de hasta 10 km. Diversos estudios en diferentes partes del mundo han mostrado que este modelo tiene una precisión alrededor

de los 10 centímetros. Se realiza un estudio comparativo y de evaluación. Las alturas geoidales de 650 puntos en el país, medidos con nivelación-GPS son comparadas con las correspondientes de los diversos modelos globales. Se encontró que el modelo EGM2008 presenta errores promedio de 45 cm, mientras que el EGM2010 presenta un error promedio de 42 cm. Los modelos satelitales son consistentes entre sí con discrepancias del orden de 15-20 cm, mostrando diferencias de hasta 50 cm con respecto a las alturas geoidales de los puntos GPS.

GEOD-6

### ESTUDIO DE DEFORMACIONES MEDIANTE EL MONITOREO GEODÉSICO DE GRANDES OBRAS DE INGENIERÍA

Trejo Soto Manuel, Moreno Jennifer Astrid y López Parra Daniela Guadalupe  
*Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, UAS*  
 mtrejotoso@uas.edu.mx

Como consecuencia de las particularidades constructivas, de las condiciones naturales y de la influencia del hombre, las grandes obras de ingeniería en su totalidad, así como los elementos que las componen, experimentan diferentes tipos de deformaciones. El tipo y el proceso de las deformaciones pueden ser descritas mediante funciones de variaciones espaciales de la posición de puntos sobre las obras de ingeniería, dentro de cierto intervalo de tiempo, relativo a una posición y a un momento tomados como iniciales.

Al estudiar las deformaciones de grandes obras de ingeniería mediante métodos geodésicos, es necesario establecer la precisión de las mediciones, ya que de su solución depende el método y los medios de medición, el costo de recursos materiales y humanos, así como la fiabilidad de los resultados.

Para satisfacer las exigencias actuales se han desarrollado métodos especiales y medios de medición, basados en los alcances de la ciencia y la técnica. La especificidad de las observaciones geodésicas permite y exigen la aplicación de sistemas e instrumentos automatizados.

En los distintos objetivos ingenieriles, los trabajos geodésicos destinados al monitoreo de las deformaciones, pueden diferenciarse entre sí notablemente en los periodos constructivos y de explotación o uso. Los trabajos geodésicos más complejos son característicos al monitorear las obras hidrotécnicas, aceleradores de partículas atómicas, plantas atómicas de generación de electricidad, complejos de radio telescopios, etc.

Las observaciones para detectar asentamientos o desplazamientos horizontales se llevan a cabo en todo el periodo constructivo, y en la mayoría de las grandes obras de ingeniería, continúan en el periodo de su explotación sin limitación del periodo de tiempo o bien hasta que se detecten los periodos de estabilización de las deformaciones.

Los aspectos relevantes para la organización del monitoreo geodésico son: aspectos técnicos del desarrollo de los trabajos geodésicos resaltando las exigencias de precisión; descripción de la obra de ingeniería, sus características constructivas, condiciones naturales, regímenes de trabajo; esquema de las redes geodésicas; características constructivas de los puntos geodésicos de apoyo y deformantes; establecimiento de ciclos de mediciones y precisiones; descripción de métodos y medios de medición; recomendaciones para la elaboración matemática de los resultados de las mediciones geodésicas e interpretación de los resultados.

GEOD-7

### ESTUDIO GEOGRÁFICO DEL EQUIPAMIENTO URBANO Y SU IMPACTO DE RIESGO, MEDIANTE TECNOLOGÍA GEOMÁTICA EN LA CIUDAD DE CULIACÁN

Aguilar Villegas Juan Martín<sup>1</sup>, Plata Rocha Wenseslao<sup>1</sup>, Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto<sup>2</sup> y Zepeda Terán Rosa María<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UAS

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UAS

a\_villegas@uas.edu.mx

La infraestructura urbana requiere de una adecuada planificación, en cuanto a servicios, distribución, saneamiento, circulación, comunicaciones y seguridad entre otras necesidades, por ello es importante conocer su composición y distribución geográfica y como impactan unos componentes en otros.

En la actualidad las principales ciudades del país, presentan un rápido crecimiento urbano y en muchos casos, este rebasa a la planificación, provocando con ello, asentamientos en zonas donde se mezclan habitación y servicios, aumentando con ello los riesgos para la población. Por ello, hoy por hoy, es necesario mantener la información geográfica actualizada desarrollando estudios rápidos y certeros de las ciudades para tomar las medidas necesarias y hacer una buena planificación urbana. En este sentido, diferentes trabajos realizados en varias partes del mundo demuestran que la tecnología geomática proporciona las herramientas para desarrollar los estudios geográficos mediante el procesamiento de imágenes aéreas y satelitales, que permite, visualizar y analizar la composición urbana con tal precisión, que es posible determinar las

zonas que pueden presentar riesgos para la ciudadanía, así como las zonas que presentan mejores características naturales y económicas para el crecimiento urbano, ello en un tiempo más breve en comparación con otras tecnologías.

El presente proyecto, pretende desarrollar un estudio físico-geográfico sobre el territorio de la ciudad de Culiacán Sinaloa, con la finalidad de identificar y analizar la información sobre la infraestructura de las zonas que por la naturaleza y características de su equipamiento puedan representar riesgos tanto para la seguridad de estructuras urbanas, como para ciertos sectores de la sociedad.

Dicho estudio físico-geográfico se desarrolla utilizando los métodos fotogramétricos digitales, aplicados a imágenes aéreas y satelitales raster de alta resolución actuales, además se hace uso de mediciones en campo con receptores GPS referidos a la red geodésica nacional, además de sistemas de información geográfica y estudios de campo.

Para la identificación y análisis planimétrico y altimétrico de los elementos de infraestructura y naturales del territorio, se emplean imágenes aéreas y satelitales raster de alta resolución en diferentes bandas espectrales del sistema nacional de fotografía aérea y del sistema satelital geoeje.

El procesamiento digital de las imágenes, se lleva a cabo en las instalaciones del laboratorio de cartografía y fotogrametría de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, con el uso de Tecnología Geomática. Así mismo, se realizan los productos cartográficos resultantes de dicho proceso.

Como resultado de este estudio, se identifican las zonas de impacto de riesgo por su equipamiento urbano y con ello se estudian las alternativas de solución para prevenir posibles desastres. Esto a su vez, permite coadyuvar con las autoridades correspondientes en lo pertinente.

GEOD-8

### CREACIÓN DE UNA GEODATABASE ESPACIO TEMPORAL MULTI-ESCALA PARA EL ESTADO DE SINALOA Y LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CULIACÁN

Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto<sup>1</sup>, Plata Rocha Wenseslao<sup>2</sup>,  
 López Moreno Manuel<sup>2</sup> y Espinoza Miranda Pablo Enrique<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Campus Culiacán, UAS

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UAS

tiohary@uas.uasnet.mx

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) particulariza como un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos lugares del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. A parte de la especificación no gráfica el Sistema de Información cuenta también con una base de datos gráfica georreferenciados o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva.

En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georreferenciada. La mayor utilidad de un sistema de información geográfico está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis. La construcción de modelos de simulación de patrones de crecimiento urbano, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos demográficos o de crecimiento poblacional tomando en cuenta datos y estudios hechos tiempo atrás tanto como rasgos geográficos, edafología, geología, hidrología, servicios públicos, educativos de salud etc., que tengan relación con tendencias de crecimiento y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes a la expansión de poblacional en el área urbana.

El objetivo que se pretende al realizar este estudio por medio de Sistemas de Información Geográfica, será la conformación de una base de datos geoespacial que pueda ser de utilidad en estudios de tópicos territoriales, tales como: urbanización, deforestación, degradación, riesgos, etc. Asimismo, se pretende como objetivo conformar una base de datos espacio temporal que permita comparar del pasado al presente, obteniendo un control gráfico de la población, demografía, servicios, usos de suelos y cambios geográficos, que posiblemente logrará revolucionar el concepto en estudios generalizados de índole territorial a nivel regional. La implementación de dicha base de datos podrá enriquecerse a futuro logrando que los estudios territoriales sean más fáciles, impacten directamente en la sociedad, economía y el desarrollo del Estado.

## GEOD-9 CARTEL

**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA MODELOS DE SIMULACIÓN GEOESPACIALES**

Plata Rocha Wenseslao, Aguilar Villegas Juan Martín, Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto y Balderrama Corral Rigoberto  
*Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, UAS*  
 wenses@uas.uasnet.mx

El Análisis de Sensibilidad (AS) es fundamental para dar robustez y credibilidad a cualquier modelo. En este trabajo se presenta una propuesta de AS espacial, utilizando las herramientas disponibles en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y aplicado en la simulación del crecimiento urbano futuro (residencial, comercial e industrial) en la Comunidad de Madrid (España), basado en técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) y el método One Factor at a Time (OAT). Dicho trabajo es implementado mediante la variación en un  $\pm 25\%$  del valor de aptitud, a nivel de pixel, de los 16 factores y pesos utilizados en el modelo. Para verificar su robustez, se aplicaron 3 técnicas, las cuales arrojaron los factores más influyentes y las parcelas más estables y robustas, sobre las que se podría actuar, realizando, eso sí, un análisis detallado de las mismas para planificar adecuadamente unas zonas que parecen estar abocadas a ser urbanizadas.

## GEOD-10 CARTEL

**APLICACIONES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL SATELITAL**

González Ortega Alejandro y González García José Javier  
*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*  
 aglez@cicese.edu.mx

La Geodésia es el área de las Ciencias de la Tierra que estudia el tamaño, forma, orientación espacial y el campo gravitacional de la Tierra. En la actualidad, algunas de las observaciones geodésicas se realizan a través de los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS); con los que se calcula de manera precisa la distancia entre un receptor y los satélites que emiten ondas electromagnéticas. El mejoramiento de las técnicas de procesamiento de datos GPS empleadas en Geodésia, así como la colocación continua de satélites de última generación, han contribuido a detectar pequeños cambios de carácter físico en la superficie terrestre, en la atmósfera y en la ionósfera. El uso del GPS tratado como un dato plurifuncional y en un contexto de red geodésica, se emplea para estudiar el ciclo sísmico, calcular el contenido de vapor de agua en la atmósfera, analizar señales presísmicas en la ionósfera, etc. El GPS es el resultado de una de las aplicaciones más cotidianas de la Teoría de la Relatividad General.

## GEOD-11 CARTEL

**MONITOREO DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES DE LA ESTRUCTURA DEL COMPLEJO HIDROTÉCNICO "EMILIO LÓPEZ ZAMORA", MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE TRILATERACIÓN GEODÉSICA**

Arana Medina Anibal Israel<sup>1</sup>, Trejo Soto Manuel<sup>1</sup>, Plata Rocha Wenseslao<sup>1</sup>, Espinosa Cardeña Juan Manuel<sup>2</sup> y Cabanillas Zavala Juan Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, UAS

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

anibal.arana@uas.edu.mx

El grado de complejidad, así como las dimensiones con el que actualmente son construidas las obras de ingeniería hidráulica, ha aumentado considerablemente en la medida en que el desarrollo tecnológico y científico evoluciona. De igual manera, las metodologías aplicadas por la geodesia en la vigilancia sistemática de grandes complejos hidroenergéticos, han experimentado inusitado desarrollo tanto en el aspecto operativo de acopio de información como en su análisis e interpretación, orientado a monitorear los desplazamientos que experimentan grandes objetivos de ingeniería.

El caso de una obra hidrotécnica es un caso particular de análisis, dado que además de las causas de deformaciones debidas las condiciones naturales y sus variaciones que se presentan durante el proceso de construcción y el de explotación (procesos endógenos), se encuentran aquellas que se relacionan con la influencia directa del peso de la obra y el equipamiento tecnológico de la misma (procesos tecnogénicos).

La vigilancia de la estabilidad, por métodos geodésicos, tales como la trilateración (mediciones de distancias utilizando emisiones de ondas electromagnéticas), del complejo hidroeléctrico Emilio López Zamora, ubicado en la Cd. de Ensenada, B.C., lleva como propósito la obtención de información clasificada y correlacionarla con eventuales desplazamientos y/o asentamientos irregulares, y advertir sobre los posibles riesgos que esto representa, tanto para su funcionamiento normal como para la población e infraestructura diversa.

La propuesta de estudio consiste en el establecimiento de una red geodésica de control horizontal, fijada por una serie de puntos distribuidos de manera estratégica y debidamente monumentados, alrededor y sobre la estructura de la obra civil de dicho complejo hidroeléctrico, que permita, por medio de mediciones geodésicas aplicando el método de trilateración, determinar la posición de dichos puntos de control en una serie de ciclos de mediciones, que por medio de su comparación georeferenciada, se establezca una correlación entre sus movimientos propios de la obras y posibles comportamientos atípicos.

Dada la escasa cultura de monitoreo de deformación de obras, al no ser esta una práctica común de dependencias de orden público o privado, este proyecto representa una forma de impulsar el cambio en la visión con que se maneja este aspecto en las obras ingenieriles, que se da principalmente con un carácter más correctivo que preventivo. El caso particular que ocupa, reviste una importancia particular, dado que la obra hidro-técnica en análisis, la presa Emilio López Zamora fue construida en 1976, lo que según el criterio de vida útil (20 – 25 años) de este tipo de obras ha sido sobrepasado, lo que de manera inexorable exige un estudio sobre su comportamiento dinámico – espacial.

## GEOD-12 CARTEL

**MODELO DE ALTURAS GEOIDALES PARA LA CIUDAD DE CULIACÁN COMBINANDO NIVELACIÓN GPS CON MODELOS GEOPOTENCIALES**

García López Ramón Victorino, Carrillo Chavez Martín, Trejo Soto Manuel, Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto y Molina Saucedo Edgardo  
*Ciencias de la Tierra y del Espacio, UAS*  
 rvgarcia@uas.edu.mx

Se determina un modelo de alturas geoidales para el establecimiento de un sistema local de referencia vertical. Para ello se combinan mediciones precisas de nivelación geométrica de segundo orden y mediciones GPS para posicionamiento horizontal (también para posicionamiento vertical pero con respecto al elipsoide de referencia WGS84). Las mediciones se realizaron sobre una red geodésica urbana construida por INEGI y al Universidad Autónoma de Sinaloa en la Ciudad de Culiacán, constando de 127 vértices. Con respecto a las mediciones GPS, se realizaron 17 sesiones durante el periodo 2012-2013, de manera de que cada punto fuera ocupado cuando menos 2 veces, garantizando una precisión de 2-3 cm en las tres componentes vectoriales en todas las bases medidas y por ende en las coordenadas estimadas de los vértices. La red incluye 25 bancos de nivel de la red vertical nacional de INEGI, la cual ligada al marco geodésico NAVD19. Los desniveles producidos de las nivelaciones diferenciales resultaron consistentes al nivel del centímetro con los desniveles obtenidos de las diferencias de alturas ortométricas de INEGI. Para cada punto de la red geodésica, se estimó la altura geoidal N la cual está dada por la diferencia entre la altura geodésica h, obtenida a partir del posicionamiento GPS, y la altura ortométrica H producida por la nivelación. Los valores de N fueron utilizados con los del Geoide Gravimétrico Mexicano GGM2010 y el modelo geoidal global EGM2008, esto con el propósito de lograr una mejor predicción o interpolación a puntos diferentes de los de la red. Se compararon los correspondientes valores de N en puntos de evaluación. Ambos modelos geopotenciales presentaron diferencias similares siendo el modelo EGM2008 ligeramente mejor con valores de 1-2 centímetros.

Por otro lado, se estimaron los parámetros de transformación entre los sistemas ITRF92 e ITRF2010 adoptados por INEGI. Esto debido a que no todos los vértices fueron medidos en el mismo sistema, decidiéndose permanecer en el ITRF2008 como es recomendado. Los parámetros fueron significativamente diferentes a los publicados por INEGI.

## GEOD-13 CARTEL

**ESTIMACIÓN DE LA DEFORMACIÓN TERRESTRE POR MEDIO DE IMÁGENES DE RADAR SATELITAL (INSAR)**

Aviles Martínez Tania Osiris<sup>1</sup>, Palomares López Alexis Jazmín<sup>1</sup>, Santos Basurto Reynaldo<sup>1</sup> y López Quiroz Penélope<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

geo.tania9aviles@gmail.com

Los fenómenos de subsidencia y elevación del terreno son riesgos naturales que afectan diversas zonas del planeta, dejando daños económicos y sociales, por lo que se han buscado métodos para registrarlos y encontrar la causa de dichos fenómenos.

En este trabajo se presenta el estudio de deformación terrestre en tres diferentes lugares de México a partir de una técnica llamada InSAR (Interferometry Synthetic Aperture Radar), la cual es un método de percepción remota y es útil para medir deformaciones terrestres así como para construir modelos digitales de elevación (DEM).

La subsidencia del terreno puede deberse a diversas razones como la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, la erosión del terreno en profundidad, el flujo lateral del suelo, la compactación de los materiales que constituyen el terreno o la actividad

tectónica. Dichas causas se pueden observar en la superficie por medio de deformaciones verticales que pueden medir desde pocos milímetros hasta varios metros en periodos que varían desde minutos hasta años.

En el presente trabajo los lugares de estudio fueron Los Humeros (Puebla), Irapuato (Guanajuato) y la parte sur de la Cuenca del Valle de México. De acuerdo con algunos estudios, una de las principales causas de la subsidencia en estos sitios puede ser la de extracción de agua de los mantos acuíferos que se encuentran en estas zonas.

Los valores de deformación (elevación o subsidencia), se pueden obtener a partir de interferogramas, los cuales se calculan con al menos dos imágenes de Radar de Apertura Sintética. Las imágenes SAR son representadas matemáticamente por matrices con valores de números complejos, las cuales pueden ser divididas en un par de matrices donde una contiene la amplitud y la otra corresponde a la de fase. Entonces para formar un interferograma se resta las fases de la primera imagen a las fases de la segunda imagen.

Al formarse un interferograma se tienen las siguientes componentes: fase orbital, fase topográfica, fase de deformación, fase atmosférica y ruido (de decorrelación). Para obtener el valor de la fase de deformación, es necesario tratar de disminuir cada contribución de las demás fases que no nos interesan. Para ello se utilizaron datos de órbitas calculados por la Universidad de Delft y un Modelo digital de elevación para eliminar o tratar de reducir al máximo las contribuciones de la fase orbital y topográfica.

Las imágenes SAR fueron adquiridas por la misión ENVISAT, de la Agencia Espacial Europea (ESA por sus siglas en inglés). Es precisamente a esta agencia a la que deben solicitarse las imágenes del área de estudio. Por otro lado, el Modelo Digital de Elevación que cubre el área de estudio es un mosaico formado a partir de otros modelos digitales de elevación, los cuales se obtuvieron del portal de internet del SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) de la NASA.

Como perspectivas planteamos un acercamiento a investigadores (geólogos y geofísicos) expertos en el tema para cada zona de estudio seleccionado, para así comprender e interpretar mejor lo observado en los interferogramas.

GEOD-14 CARTEL

#### **PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES AEROCÓSMICAS PARA EL ESTUDIO DEL EQUIPAMIENTO URBANO**

Zepeda Terán Rosa María y Aguilar Villegas Juan Martín  
*Facultad de Ciencias de la Tierra, UAS*  
rous\_0212@hotmail.com

La infraestructura urbana requiere de una adecuada planificación, composición y distribución geográfica. Hoy en día las tecnologías digitales para el estudio geográfico en la planificación del desarrollo urbano son muy diversas, por lo que se tendría que contar con un buen conocimiento del territorio y del equipamiento urbano.

Entre las características físicas, destaca el relieve topográfico donde están asentadas las ciudades, por el hecho de que este puede representar riesgos naturales. Así mismo la ubicación y distribución de las estructuras de servicio urbano, pueden impactar en mayor o menor grado, de manera negativa en el resto de la infraestructura, del ambiente y de la población misma, tal es el caso de fábricas, gasolineras, talleres, bares, canales etc.

Por cuestiones económicas y sociales, algunas zonas urbanas se han generado de manera improvisada en lugares poco propicios para ello, mezclando diferentes usos de suelo, lo que genera la interacción riesgosa de diferentes estructuras urbanas provocando no pocos problemas de atención en cuanto a servicios públicos y seguridad social.

Aunado a lo anterior, dicho problema ha rebasado por diferentes causas, a las instancias planificadoras del desarrollo social y el crecimiento urbano. Por ello la necesidad de involucrar nuevas tecnologías en el estudio geográfico y con ello la necesidad de capacitar en el manejo de estas, a nuevos especialistas, para que sean estos los que se inserten en los diferentes trabajos de estudio y planificación del desarrollo de la ciudad.

En este sentido, actualmente en varias parte del mundo se emplea la tecnología digital geomática, para desarrollar los estudios geográficos mediante el procesamiento de imágenes aéreas y satelitales, que permite analizar la composición urbana y determinar las zonas que pueden presentar riesgos para la ciudadanía.

El procesamiento digital de imágenes aerocósmicas para el estudio del equipamiento urbano utiliza los métodos fotogramétricos digitales, aplicados a imágenes aéreas y satelitales raster de alta resolución actuales, además hace uso de mediciones en campo con receptores GPS referidos a la red geodésica nacional y emplea los sistemas de información geográfica y estudios de campo.

Este proceso implica:

- . Orientación interna de las fotografías aéreas;
- . Orientación relativa de pares estereoscópicos aéreos;
- . Orientación Externa de las fotografías aéreas;

- . Fototriangulación aérea;
- . Generación del Modelo Digital del Terreno;
- . Ortomosaico;
- . Orientación externa de las fotografías satelitales raster mediante el uso de los puntos de apoyo tanto fotogramétricos como terrestres;
- . Ajuste matemático de la orientación externa de la imagen satelital raster;
- . Ortofoto de la imagen satelital raster mediante los puntos de apoyo y del modelo digital de elevaciones obtenido con las fotografías aéreas;
- . Vectorización planimétrica mediante el ortofoto;
- . Ubicación de las zonas de riesgo en SIG mediante el análisis planimétrico del ortofoto y el análisis altimétrico del modelo digital de elevaciones;
- . Cartografía digital de zonas de riesgo.