

Proyectos de **I+D+i**  
2012-2014



# NUEVAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES. G- GI3002/IDIG

UNIVERSIDAD DE GRANADA | EIFFAGE



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía  
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional





# **NUEVAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES**

© Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería  
Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía. 2013

Universidad de Granada, Empresas Eiffage

Granada. Fecha (23-01-2014)

## 1. Introducción y antecedentes

Las intensas precipitaciones ocurridas en los años hidrológicos 2009-2012 produjeron numerosos daños en las carreteras de la comarca de la Alpujarra (provincias de Granada y Almería). Los principales factores que controlan estos daños están íntimamente relacionados con el comportamiento del terreno frente a estas lluvias, con la orografía y con otros parámetros íntimamente ligados con la ejecución de estas carreteras y sus taludes. Las roturas del terreno y de las obras que se asientan sobre él indican que se han sobreestimado las propiedades resistentes y que se necesitan aproximaciones más realistas al comportamiento de estos materiales cuando están sometidos a saturaciones o altas presiones en las fisuras y poros. Por otra parte, se necesita un mayor conocimiento de la velocidad de progresión de estas roturas y en que medida estas velocidades se alteran con el agua. El objetivo sería poder adelantarnos a la rotura de la carretera para paliar sus efectos.

Est.	Tipo de forma	Actividad			Vegetación	Materiales base (tipo y grado de deformación)	Derrubios			Profundidad de la zona reexcavada	Fallas próx.	Formas Asociadas	Prox. a construcc.	Zona Incendiada
		Antigua	Reactivada	Reciente			Tamaño	Forma	Distribución					
E17	Escarpe de deslizamiento <input checked="" type="checkbox"/>			X	60-70° NNO	Escasa				Desnivel: 10 m		Si	No	No
E17	Lóbulo de deslizamiento <input checked="" type="checkbox"/>			X	32° NO	Abundante en la zona superior del lóbulo de deslizamiento, pero muy escasa en los escarpes laterales y frontal						Si	Su parte basal está cerca de un dique	No
	Cono de deyección de derrubios <input type="checkbox"/>													
	Caida de Bloques <input type="checkbox"/>													
E17	Cárcavas <input checked="" type="checkbox"/>			X		Muy escasa						Si	No	No
	Valles reexcavados <input type="checkbox"/>													
E17	Escarpe por incisión fluvial <input checked="" type="checkbox"/>			X	60-70° O	Escasa				10-15 m		Si	Hay varios diques para la contención de sedimentos muy próximos	No

Observaciones y comentarios generales:

Este deslizamiento se integra dentro de un conjunto más amplio, el *Sistema de Deslizamientos B*, el cual produce el colapso generalizado de toda la cabecera del Barranco del Pleito. El despegue de los deslizamientos en el borde meridional de este sistema generó una serie de lóbulos de deslizamiento menores, como E17 y E5, que están actualmente separados por sistemas de cárcavas y escarpes (E7). Los deslizamientos se han generado a favor de la superficie de debilidad mecánica que supone el contacto entre dos litologías de reología muy contrastada: las filitas, poco competentes, del C. Alpujárride y los mármoles dolomíticos, mucho más competentes, del mismo complejo. Como consecuencia del deslizamiento se han generado escarpes, los cuales en las zonas con materiales más deleznable (filitas) experimentan un rápido proceso de acaravamiento. Otros taludes definidos por mármoles dolomíticos dan lugar a fenómenos de caída de bloques. Hay que destacar la existencia de fuertes escarpes laterales en el lóbulo de deslizamiento y la geometría lítica del deslizamiento. La fuerte incisión fluvial definida en todo el barranco indica cambios en el nivel de base por el movimiento relativo entre bloques de falla. El encajamiento de los ríos en respuesta a este proceso es posterior a la génesis de los deslizamientos y por lo tanto produce erosión en la parte basal del lóbulo. En cualquier caso la escasa presencia de infraestructuras en este sector minimiza los posibles riesgos derivados de la inestabilidad del terreno.

Fotografía:

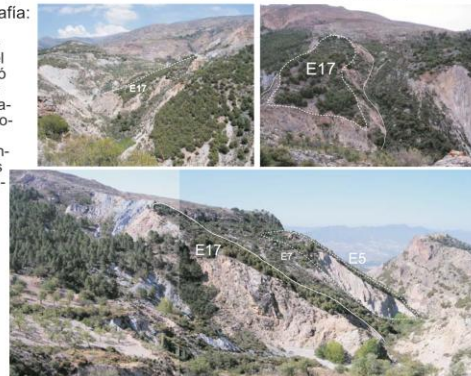
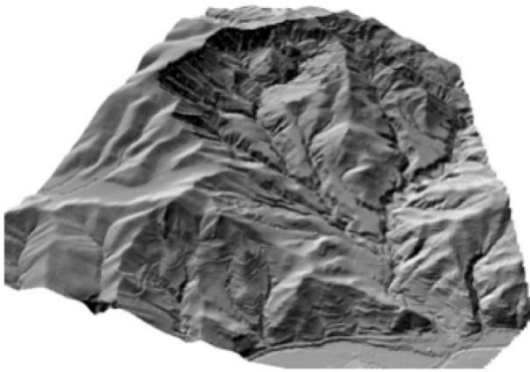


Fig. 1: Ficha inventario de inestabilidades de ladera en las vertientes de Sierra Nevada

Este proyecto pretende, con la ayuda de las nuevas tecnologías, abordar este análisis considerando todas las variables que determinan las propiedades mecánicas del terreno (litología, estructura, discontinuidades, permeabilidad, etc.), además de los parámetros dependientes directamente del medio físico y el clima: pendiente, escorrentía superficial, procesos de acaravamiento, presencia de manantiales, vegetación, humedad etc. Todos estos parámetros funcionan como factores condicionantes de las roturas e incluso alguno de ellos puede ser el desencadenante final. Son muchos los interrogantes actuales asociados a estas roturas: ¿Qué peso tienen estos factores? ¿En qué medida podemos considerar las grietas o hundimientos locales en una vía como importantes? ¿Permite la tecnología actual adelantarnos a la ocurrencia de estas patologías en las vías de comunicación? ¿Qué tipo de medidas correctoras serían más eficaces, económicas y duraderas?. Estas son algunas de las cuestiones a las que pretende responder este proyecto de investigación. Para lo cual se utilizarán zonas piloto con problemas de estabilidad ubicadas en las carreteras de la Alpujarra granadina.

## 2. Objetivos perseguidos y resultados previsibles



*Fig. 2: Imagen LIDAR del deslizamiento de Dudar (Granada)*

El objetivo principal de este proyecto es la elaboración de modelos de predicción, a partir de la investigación del tipo de inestabilidades de ladera y taludes entorno a las infraestructuras lineales de zonas de montaña. Para ello se caracterizará su velocidad, factores condicionantes y desencadenantes. Así mismo, también se analizará el tipo y características de las medidas correctoras que pueden ser más eficaces para estas patologías. Para esto, se trabajará con diferentes escalas, y se contrastarán datos de diferentes tecnologías. Se ha decidido trabajar en dos intervalos temporales: a) el que coincide con la duración del proyecto (máximo 15 meses) y b) el periodo 2007-2010, ya que incluye un año hidrológico especialmente lluvioso (2009-2010), que produjo cuantiosas inestabilidades en estas carreteras.

El primer periodo, que coincide con la **duración del proyecto**, será el elegido para recabar los datos principales de este proyecto. Se utilizarán las técnicas que permiten obtener **modelos digitales del terreno a través de LIDAR** (Laser Detection and Ranging), así como **técnicas fotogramétricas clásicas** pero que permiten llegar a una alta precisión (plataformas aéreas no tripuladas). Se escogerán algunos tramos de carretera especialmente conflictivos para poner a prueba la eficacia de las diferentes técnicas.

El segundo periodo se analizará mediante **técnicas fotogramétricas y técnicas satelitales**. Con respecto a las primeras, se utilizarán los vuelos y modelos digitales del terreno disponibles para analizar posibles diferencias en el terreno. Con respecto a las técnicas satelitales se propone usar la **teledetección** sobre imágenes de los satélites LANDSAT Y SPOT y la interferometría sobre las imágenes de los satélites ENVISAT y ALOS (banda L) entre los años 2007 y 2010. La teledetección nos permitirá, junto con la inteligencia artificial, establecer relaciones entre diferentes parámetros que condicionan las inestabilidades con la finalidad de ponderar y correlacionar estos parámetros (vegetación, orientación de laderas, horas de insolación, índice de humedad, etc).

Además se realizarán diversas **campañas de campo** para determinar las zonas de inestabilidad, caracterizar su volumen, la deformación producida y el tipo de rotura. Este inventario de campo se cotejará con los datos obtenidos del análisis de las imágenes satelitales, imágenes aéreas, modelos digitales del terreno multitemporales y con los datos pluviométricos.

Entre los resultados se destacan los siguientes:

- Establecimiento de una metodología que nos permita diagnosticar con suficiente anticipación problemas de roturas asociadas a carreteras.
- Propuesta de medidas de prevención, contención y de gestión de inestabilidades presentes y futuras.

### **3. Aspectos innovadores y justificación del proyecto**

La aplicación de la teledetección, la interferometría radar satélite y de los métodos fotogramétricos y basados en tecnología Láser de alta precisión (imágenes aéreas LIDAR aéreo, UAV, Laser-Escaner terrestre), permitirán evaluar las velocidades de los movimientos en laderas y taludes de infraestructuras lineales, lo que constituye una novedad a nivel internacional.

Por otra parte, el estudio y análisis de estabilidad de las laderas y taludes relacionados con las obras lineales de la Alpujarra incluirá un análisis numérico con métodos de elementos finitos. Al tratarse de diferentes tipologías de inestabilidades de ladera (desprendimientos, deslizamientos, flujos etc.), se aplicarán diferentes modelizaciones. El objetivo último es decidir el peso que tienen los diferentes factores en el condicionamiento y desencadenamiento final de las inestabilidades asociadas a infraestructuras lineales para poder decidir los métodos de prevención y/o contención más eficaces. Los resultados de este proyecto son extrapolables a otras partes del mundo.







