Los Riesgos Naturales como factor de Sostenibilidad en las Infraestructuras Lineales del Transporte. Estudio de caso

Marga Zango Pascual
Universidad Pablo de Olavide. Departamento Sistemas Físicos, Químicos y Naturales.
Área: TECNOLOGÍAS DEL MEDIO AMBIENTE. mzanpas@upo.es

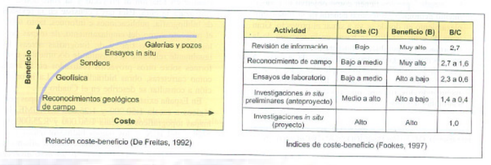
La ejecución de Infraestructuras Lineales del Transporte se plantea como una de las vías de inversión para favorecer el crecimiento de las economías emergentes en países en vías de desarrollo y son fundamentales para el transporte, comunicaciones y funcionamiento de cualquier país. Sin embargo incluso informes recientes de Organismos Internacionales como el Banco Mundial o el PNUD, plantean que en ocasiones, ha habido ejemplos de infraestructuras de gran envergadura, incluidas las de transporte y comunicaciones, que han alterado cuando no incrementado los patrones de Riesgo.

Al analizar los factores que influyen en su mal funcionamiento y elevación de costes, se citan habitualmente: los defectos en la construcción; el conocimiento escaso o deficiente de los aspectos geológico-geotécnicos de los terrenos atravesados; el desconocimiento de la capacidad de acogida del territorio con respecto a la obra; la inadecuación de plazos en proyecto y obra y debilidades en los presupuestos; o falta de inversiones en su concepción en las fases preparatorias. Sin que este trabajo cuestione estos previos, presenta mediante un análisis de caso en España, un proyecto de autovía con una contrastada eficiencia en el análisis de riesgos con una inversión mínima. Se han utilizado para el trabajo multitud de datos obtenidos desde principios de siglo y se ha diseñado una metodología específica. Se contrasta dicha metodología con el seguimiento del proyecto a través de 10 años, con visitas a la zona en 1997-98, 2002, y 2007.

ESTUDIO DE CASO

Estudio Informativo Jaén-Úbeda.
Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía.
Tramo: Úbeda a la Variante Noroeste de Jaén.
Empresa Consultora: AYESA
Geóloga redactora Estudio de geológico y cartografías geológico-geotécnicas y de riesgos: Marga Zango Pascual

Referencias en relación a Infraestructuras, costes y técnicas de investigación



Actividad	Coste (C)	Beneficio (B)	B/C
Revisión de informaciones	Bajo	Muy alto	2,7
Reconocimiento de campo	Bajo a medio	Muy alto	2,7 a 1,6
Ensayos de laboratorio	Bajo a medio	Alto a bajo	2,3 a 0,6
Investigaciones *in situ* preliminares (anteproyecto)	Medio a alto	Alto a bajo	1,4 a 0,4
Investigaciones *in situ* (proyecto)	Alto	Alto	1,0

Relaciones entre coste beneficio en las investigaciones in situ (DeFreitas 1992) y Índices de Coste Beneficio (Fookes, 1997) (Ambas tomadas de: Ingeniería Geológica. González de Vallejo, L.I. coord. 2002

ECHO (Agencia para la Ayuda Humanitaria de la Unión Europea) recoge en su informe de 1998, el caso de Perú durante el fenómeno climático "El Niño" en 1997-98. Literalmente expone "...sólo en Perú las avalanchas convirtieron las tierras en fango y los ríos en torrentes estruendosos. El país quedo paralizado al desplomarse 30 puentes importantes que fueron arrastrados por las aguas..."

Fuentes más recientes confirman esta idea. Según puede leerse en el informe del PNUD "La Reducción del Riesgo de Desastre. Un desafío para el Desarrollo" publicado en 2005, " ...en el 2000, los gastos de reconstrucción para revertir el daño causado por las inundaciones que afectaron las infraestructuras de agua potable, servicios sanitarios, energía, telecomunicaciones, carreteras y trenes en Mozambique, ascendieron a 165,3 millones de dólares."

Se citan textualmente algunos párrafos del informe de EIRD. "La Reducción de Riesgos de Desastre. Un desafío para el Desarrollo", del cual se han extractado las tablas del IRD (Índice de Riesgo de Desastre) que aparecen en páginas posteriores.
"....Si bien los niveles absolutos de pérdidas económicas son más altos en los paises desarrollados debido a la altísima densidad, al costo de sus infraestructuras y a sus niveles de producción, los países menos adelantados sufren pérdidas relativas más altas si se las compara con el Producto Interno Bruto (PIB)....
.....Los desastres naturales se encuentran íntimamente ligados a los procesos de desarrollo humano. Por otra parte, hoy parece ampliamente demostrado que el riesgo de desastre se acumula históricamente debido a prácticas de desarrollo desacertadas, hospitales y escuelas que se derrumban en un terremoto o las carreteras y puentes que son arrasados por las aguas en una inundación fueron, en su día, proyectos de desarrollo....
...El desarrollo económico abarca la producción económica y la infraestructura que la sostiene, como por ejemplo las redes de transporte que permiten el acceso al mercado y el mantenimiento de los recursos naturales para que los medios de vida vinculados a esos recursos sean sostenibles. En este sentido contribuyen los daños a la infraestructura de transporte, comunicaciones o energía. Deterioro de los medios de vida, ahorros y capital físico. Pérdida de capacidad productiva, acceso al mercado y bienes materiales y destrucción de activos fijos... Ha habido muchos ejemplos de inversiones en infraestructura de energía, riego y transporte de gran envergadura que han alterado, cuando no incrementado, los patrones de riesgo..."

DESARROLLO METODOLÓGICO

CUADRO RESUMEN DE TECNICAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

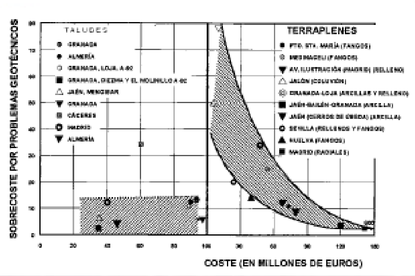
TECNICAS: GENERALES	PARTICULARES		APLICACION A LAS FASES DEL ESTUDIO INFORMATIVO: FASE E.I.	EJEMPLOS DE APLICACIÓN	RESULTADOS PRINCIPALES OBTENIDOS
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL	BIBLIOGRÁFICA	CIENTÍFICA TÉCNICA	FASE A principalmente	Información cartográfica y especializada de: ITGE CEDEX	- Encuadre general del problema. - Definición del concepto de inestabilidad gravitacional - Comprobación de hipótesis de inestabilidad en escarpe del Atalayón.
	HISTÓRICA	- PROYECTOS ANTIGUOS - PROYECTOS RECIENTES	. Aspectos concretos en FASE B	Tesis y publicaciones, Proyectos de Ingeniería JA-1-J-160, JA-1-J-140, JA-1-J-137, 20-J-2230, 11-J-2300 Geotecnia de la subida a Baeza por la A-316 y 60 y Proyecto Ferrocarril Baeza-Utiel (año 1928 y siguientes).	
FOTOGEOLOGÍA Y FOTOGEOMORFOLOGÍA	1:33.000		. FASE A Corredores	Análisis y comparación de las 3 escalas y años (1956; 1991 y 1996), con objeto de ver relación vegetación-estado erosivo; evolución escarpes y Deslizamientos e inventarios de deslizamiento.	FASE A_1 (1:50.000) - Se descartan zonas enteras como las terreras - Se observa el riesgo Alto y Muy Alto, incluso activo en sectores amplios de la subida a Baeza por la A-316 y el escarpe del Atalayón. Se plantean 2 corredores B y G, el G se observa más inestable.
	1:25.000		. FASES A y B		
	1:18.000		. FASE A y B. Selección de Alternativas		
	1:9.000 y otras. Ampliaciones y reducciones locales		. FASE B	Incorporación al inventario de daños en obras y procesos erosivos.	
OBSERVACIONES DE CAMPO	CARTOGRAFÍAS ESPECIFICAS		. FASE A	- 1:50.000. Grado de peligrosidad - 1:10.000. Inventario de deslizamientos	FASE A_2 (1:10.000). Se comparan los 2 corredores planteados con sus respectivas alternativas. (1B, 1G, 2G, 3G, 4G, 5G, 6G y 7G) con el plano de inventario de deslizamientos a escala 1:10.000. - Se ven zonas a estudiar con más detalle en las alternativas 1B, 2G y 7G. - Se descartan 1G, 3G, 4G, 5G y 6G. FASE B - Se incluyen límites más exactos de deslizamientos ya inventariados. - Se añadirán zonas inestables localizadas en esta fase. - Se selecciona la alternativa definitiva haciendo hincapié en los problemas de erosionalidad en zonas concretas del tramo paralelo a la actual variante de Baeza. - Se prevén problemas relacionados con obras correctoras y erosionabilidad en obras de fábrica
			. FASE B		
	TOMA DE DATOS MORFOLÓGICOS ESPECIFICOS		. FASE A. Planteamiento de Alternativas	- Cicatrices de erosión - Zonas de acumulación de derrubios	
			. FASE B	- Grietas - Surgencias, manantiales - Terrenos removidos - Espesores anómalos de suelos - Buzamientos anómalos	
	DATOS SOBRE DAÑOS EN OBRAS SIMILARES		. FASE A. Planteamiento de Alternativas	- Inventario de daños por deslizamientos	
			. FASE B	- Erosión - aterramiento - Expansividad - hinchamiento - Inventario de puntos donde las medidas correctoras han actuado de forma contraproducente.	

1

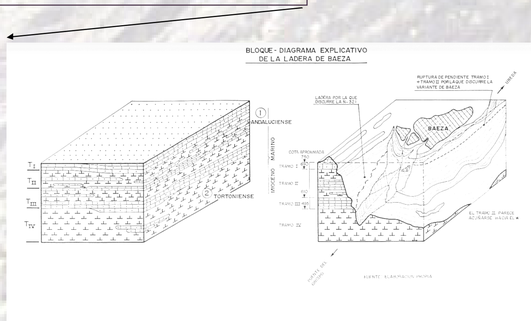
RESULTADOS fruto del estudio de 1997-8

FASE A: ESCALA 1: 50.000

•Elaboración de un mapa de riesgo por inestabilidad gravitacional, para la elección de CORREDORES DE TRAZADO.
•Técnica del semáforo, cuatro colores en función de la gravedad del riesgo. Escalas riesgo muy alto, riesgo alto, riesgo moderado y riesgo bajo de deslizamiento a gran escala.
•Elección de dos corredores, B y G. Se detecto el B como preferente, muy problemática la subida a Baeza por la actual A-316 y se evito el paso por Las Terreras, en las cercanías de Puente del Obispo.
•Definición del esquema MORFOESTRUCTURAL DE LA LADERA (Figura bloque diagrama), para establecimiento de hipótesis de inestabilidad.



Sobrecostes aproximados en algunas obras de carretera (Taludes y terraplenes) debidos a problemas geotécnicos no contemplados en proyectos (Tamos de 10-15 km). (En consideraciones geológico-geotécnicas para el estudio de la infraestructura de obras lineales. Carlos Oteo Mazo. En: INGEOTER 3. INGENIERÍA DEL TERRENO)



OBJETIVOS

Establecer los indicadores geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que provocan y definen la inestabilidad estudiada.

Y representar de forma adecuada y útil, para integrar con el resto de las áreas implicadas en el estudio, el riesgo de inestabilidad gravitacional.

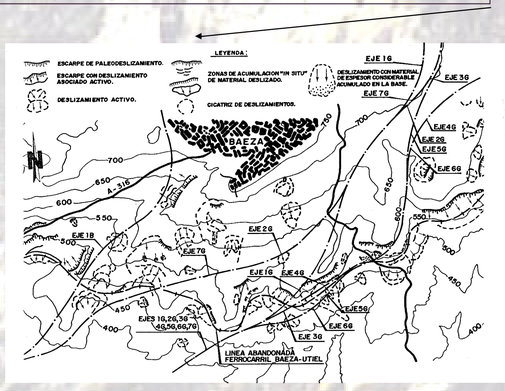
METODOLÓGIA

Riesgos Analizados y premisas

- **En una misma zona es posible la concurrencia de varios riesgos geológicos y geotécnicos.**
- **El grado de incidencia y peligrosidad de cada uno no tiene por que ser el mismo.**
- **La interacción de varios riesgos puede dar lugar a un incremento de la peligrosidad potencial de alguno de ellos o de todos.**
- **Riesgos y contactos geológicos no tienen porque coincidir, pero puede existir una clara interacción en el suceso de riesgo.**
  - ***Estabilidad de laderas.***
  - ***Expansividad e hinchamiento.***
  - ***Erosionabilidad y aterramiento.***
  - ***Otros factores: capacidad de carga, presencia de agua, pendiente...'***

FASE B1: ESCALA 1: 10.000

Análisis comparativo de diferentes vuelos de foto área en fechas y escalas para establecer modelo de deslizamientos y cartografía para elección de correcciones.

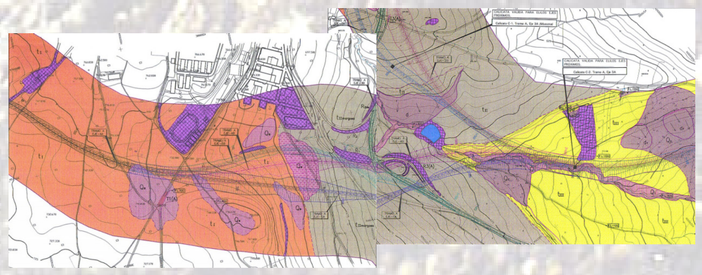


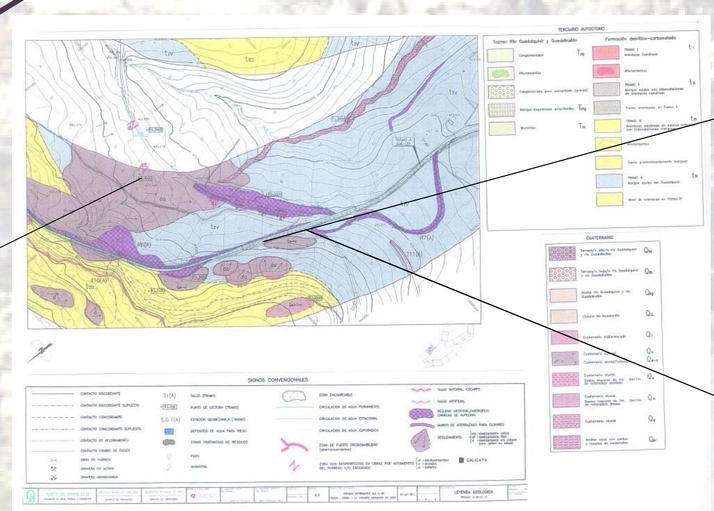
FASE B2: ESCALA 1: 5.000

Cartografía detallada geológico-geotécnica para uso en definición de alternativas.

Comparación previsiones de 1997-98 en 2007

EJEMPLO DE TRABAJO A ESCALA 1:5.000, CARTOGRAFIA REALIZADA EN 1996-97 Y REVISADA EN CAMPO EL 3 DE SEPTIEMBRE DE 2007. Se observa que una zona marcada como de deslizamiento activo pero sin daños en aquel momento ha tenido que ser REHABILITADA con una inversión cercana a los 2 millones de Euros.





" Si la investigación geológica hubiese precedido a la realización de muchas empresas, se habrían ahorrado vidas y catástrofes, se habría reducido el coste de muchas construcciones y se hubieran evitado los gastos y molestias de muchos pleitos".

P.G.H. Boswell, F.R.S. Profesor del Imperial College of Science and Technology, de Londres. (En Legget, R.F., Geología para Ingenieros 1964)

Referencias principales no citadas previamente:

- ***Archivo general de la Administración. Alcalá de Henares. Signatura: 9398 AGA. Topográfico 24. Nombre del Documento: F.C. Baeza-Utiel. 1ª Sección. Propuesta de aumento de longitud de túneles. Año 1928.***
- ***Estudio Informativo de la Autovía A-95, Tramo: ÚBEDA-JAÉN, DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS. JUNTA DE ANDALUCÍA. Consultora: AYESA. Sevilla.***
- ***Proyectos de Trazado y Construcción correspondientes a los tramos Puente del Obispo-Baeza del E.I. A-95 (inéditos). GIASA. JUNTA DE ANDALUCÍA.***
- ***Zango Pascual, M. (2008). Validación de técnicas y tecnologías de bajo coste en la minimización de daños catastróficos en infraestructuras lineales, mediante la caracterización de las amenazas naturales, durante las fases de diseño previas a su construcción. Ed. Universidad Pablo de Olavide. ISBN: 978-84-691-6088-6***
- ***Zango Pascual, M. (2004). Análisis de riesgos de deslizamientos mediante cartografía geológico-geotécnica de las laderas de la loma de Úbeda, y su aplicación al planteamiento y selección de alternativas de trazados de carreteras. (Suficiencia investigadora, DEA en Geología Ambiental. UCM)***
- ***Zango Pascual, M. (2002). Criterios geológico-geotécnicos para la optimización de la inversión en ingeniería geológica en las diferentes fases del diseño, construcción y explotación de infraestructuras lineales. Tesis de Master (Master de Ingeniería Geológica), Univ. Complutense de Madrid, 40 p (más anexos y planos).***

AGRADECIMIENTOS

•Empresa consultora AYESA (Sevilla, ESPAÑA). Autora del Estudio Informativo.
•GIASA. Gestión de Infraestructuras de Andalucía. S.A. Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. Actualización de datos en 2007.
•Dirección General de Carreteras de la Consejería de Obras Públicas de la junta de Andalucía, su colaboración para la revisión del inventario de incidencias geológico-geotécnicas tras las lluvias en 1997-98