

CATÁLOGO DE ÁREAS URBANAS SENSIBLES A RIESGOS NATURALES EN LA CIUDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DE LAS EDIFICACIONES EN LADERAS

El análisis de la peligrosidad y vulnerabilidad de un asentamiento poblacional permite identificar y estimar el nivel de riesgo de una población ante la ocurrencia de un fenómeno, a partir del estudio de las condiciones físicas y ambientales del medio donde se asienta, y de los factores sociales, económicos y culturales de la población. Este artículo es un resumen representativo de un amplio trabajo de investigación que tiene como objetivo la identificación y el estudio de asentamientos peligrosos localizados en el ámbito de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria.

The analysis of the dangerousness and the vulnerability of a settlement can identify and estimate the level of risk in a population before the occurrence of a phenomenon, in accordance with the study of the physical and the environmental conditions of the place where that population is situated; and with its social, economic and cultural factors. This paper sets out a representative summary of a wide research work which aim is the identification and the study of the dangerous settlements located in Las Palmas de Gran Canaria.

M^a Ángeles Benjumea Fleitas

**Gerardo Delgado Aguiar
Francisco José Pérez
Torrado**

Directores de la investigación

INTRODUCCIÓN

Los movimientos del terreno, originados por la acción de fenómenos naturales, ocasionan cada año graves daños sobre la población y la economía de los territorios, y en la mayoría de los casos, la pérdida de vidas humanas. De ahí, que en los últimos años, los estudios relacionados con los riesgos naturales hayan cobrado gran relevancia, no sólo entre la comunidad científica, sino también, y a través de los medios de comunicación, en la opinión pública. Los nuevos sistemas de acceso a la información han generado un flujo de imágenes de situaciones catastróficas fruto, en la mayoría de los casos, de una mala planificación de los usos del territorio, o de la falta de estudios de riesgo: elementos que permiten prevenir y paliar los efectos de desastres naturales, como movimientos del terreno, inundaciones o terremotos.

Estos efectos desastrosos se originan principalmente en países de bajos recursos económicos; si bien, no dejan de producirse víctimas en países con economías desarrolladas, dotados de sistemas de reconocimiento y prevención de peligros. Estas circunstancias hacen pensar en un incremento de la sucesión de eventos catastróficos cuando, en realidad, nos encontramos con una disminución de los niveles de tolerancia ante los riesgos naturales como consecuencia del crecimiento demográfico, la concentración de población en las ciudades, la ocupación inadecuada del territorio y la fuerte presión sobre los recursos naturales. Dichos elementos han aumentando considerablemente la exposición y la vulnerabilidad de la población a los peligros naturales.

Citando las palabras de Gómez Orea (1994:2) "Los peligros naturales condicionan la capacidad de aco-

Los movimientos del terreno, originados por la acción de fenómenos naturales, ocasionan cada año graves daños sobre la población y la economía de los territorios, y en la mayoría de los casos, la pérdida de vidas humanas

gida del territorio, dado que al activarse pueden producir efectos indeseados en las actividades humanas. Razón por la cual, y con el fin de contribuir a la ordenación sostenible, éstos deberían ser inventariados, valorados y cartografiados para evitar el poblamiento en zonas de riesgo o para utilizar las tecnologías adecuadas para soportarlos.

La evaluación de peligro tiene como principal objetivo la predicción del comportamiento de los fenómenos naturales potencialmente dañinos para la población, o en su defecto, establecer la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos adversos para diferentes magnitudes. La dificultad que plantea la realización de predicciones temporales en la evaluación de la peligrosidad, y en la definición de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno obliga, con frecuencia, a una expresión cualitativa de sus valores (peligrosidad muy alta, alta, media y baja), o a una referencia del peligro, en base a la localización espacial del fenómeno. De ahí que la mayoría de los mapas que se presentan como de peligrosidad, e incluso de riesgo, sólo puedan definirse como mapas de susceptibilidad.

Existen distintas posibilidades a la hora de utilizar varios o todos los factores que condicionan o desencadenan los peligros, y distintas técnicas para el análisis de los riesgos; si bien, su aplicación y la fiabilidad de los documentos finales, dependen en cada caso, de la disposición de datos, la diferencia entre escalas, el grado de precisión de la información contenida y las características del área de estudio. Los factores que intervienen en la inestabilidad de las laderas son aquellos capaces de condicionar y modificar el equilibrio de las fuerzas de resistencia al corte de los materiales. En la mayoría de los casos son varias las causas que intervienen en la inestabilidad, si bien en Canarias suelen atribuirse a la acción desencadenante de las lluvias, aunque és-

tas no se hubieran producido, de no existir los condicionantes que favorecen la ocurrencia del fenómeno.

Los factores condicionantes dependen de la naturaleza, estructura y forma del terreno. La litología, la morfología y la geometría determinan el comportamiento de los materiales de la ladera; otros factores importantes son: la estructura geológica y discontinuidades, características geomecánicas y las condiciones hidrológicas, González de Vallejo (2005: 630). Los factores desencadenantes son responsables, por lo general, de la magnitud del fenómeno y son factores externos que actúan sobre terreno, modificando las características y propiedades de los materiales y las condiciones de equilibrio de la ladera. Los factores desencadenantes pueden ser de origen natural, como las precipitaciones, la erosión, los movimientos sísmicos, etc., o de origen antrópico, como los cambios en la geometría del talud y condiciones hidrogeológicas, sobrecargas estáticas, ocupación inadecuada del suelo, etc.

El estudio considera además las medidas actuales de prevención y mitigación de daño medidas conocidas como estructurales, que contempla las obras o actuaciones para el control de los procesos, y las medidas no estructurales, o medidas basadas en la ordenación de los usos del territorio, en las que se incluyen el diseño adecuado de las obras de ingeniería.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

En general, las características del paisaje suelen ser un buen indicativo a la hora de establecer los sectores de estudio. Aspectos como la litología, estructura, génesis y forma geométrica del terreno permiten determinar la potencialidad de una zona ante las roturas o los movimientos del terreno. Las peculiares características del medio físico del municipio y la ocu-

En la mayoría de los casos son varias las causas que intervienen en la inestabilidad de las laderas, si bien en Canarias suelen atribuirse a la acción desencadenante de las lluvias

humanas, y los daños en bienes inmuebles e infraestructuras. La metodología que hemos utilizado, analiza y valora los “Riesgos Naturales” considerando tres conceptos fundamentales: peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Se define como peligro, la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica (Varnes, 1984; Barba t. 1998 en González Vallejo 2005: 609). Para la evaluación del peligro por inestabilidad del terreno, ha sido necesario conocer el funcionamiento de los procesos geodinámicos y meteorológicos, su intensidad y su frecuencia o recurrencia en el tiempo. Estos aspectos se han obtenido a través del análisis histórico del fenómeno, contenidos en artículos de prensa e informes de daños y obras, emitidos por las administraciones públicas, empresas privadas, datos de archivos, etc.

La vulnerabilidad puede definirse, como el grado de daños o pérdidas potenciales que se estima puedan producirse, como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno (natural o antrópico) de intensidad determinada. Este parámetro se ha analizado, a partir del estudio de las condiciones físicas y ambientales del medio, el comportamiento del terreno, las características de los elementos que se encuentran expuestos a la acción del fenómeno, los factores so-

cio-económicos de la población; así como por el conocimiento, y análisis de los daños que el proceso ha ocasionado en el pasado.

Según Smith (2001), en González de Vallejo (2005: 611), el riesgo puede definirse como la probabilidad de que ocurra un peligro y cause pérdidas, y su evaluación se realiza a partir de la expresión: $R = P \times Pe$, siendo R, el riesgo; P, la probabilidad de ocurrencia de un proceso, o peligrosidad, y Pe las pérdidas esperadas, o vulnerabilidad.

Para la estimación del riesgo utilizamos una matriz de doble entrada, o “Matriz de Peligro y Vulnerabilidad”; aplicación que requiere determinar previamente, los porcentajes de probabilidad de ocurrencia del peligro, y los porcentajes del análisis de la vulnerabilidad que afecta al espacio de estudio.

La identificación de los procesos, y el estudio de las causas y las variables que lo controlan, se realizó mediante el análisis de la información de memorias y cartografía disponible, de la interpretación de fotografías aéreas y teledetección, así como de la observación y trabajo de campo. Se han considerado además, las medidas actuales de protección y mitigación de daños, elaboradas por organismos públicos y/o empresas privadas, para la reducción de la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Como

PELIGRO MUY ALTO	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
PELIGRO ALTO	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo muy alto
PELIGRO MEDIO	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto
PELIGRO BAJO	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Gráfico 1. Matriz de peligro y vulnerabilidad

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil. Manual Básico para la Estimación del Riesgo. Perú, 2006, p. 26 Artículo

□ Riesgo Bajo (< de 25%). ■ Riesgo Alto (51% al 75%). ■ Riesgo Medio (26% al 50%). ■ Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Las edificaciones en ladera son los espacios urbanos que concentran los mayores problemas urbanísticos de la ciudad, con ciertas reservas, para aquellos sectores que han sido previamente planificados y acondicionados

interfluvios poco desarrollados, sobre materiales, principalmente de origen detrítico, y pendientes que superan los niveles de seguridad establecidos para el edificado.

A partir de los estudios del medio físico, y los distintos elementos que condicionan y desencadenan la estabilidad de los materiales en las laderas, se han obtenido los siguientes resultados sobre peligrosidad:

Las edificaciones en ladera son los espacios urbanos que concentran los mayores problemas urbanísticos de la ciudad, con ciertas reservas, para aquellos sectores donde la calidad

puesto nuevamente en entre dicho la seguridad de estos espacios para acoger población.

Con respecto a las pendientes se han establecido tres sectores de edificación:

- Entre el 9% y 26% de pendiente. Entre inclinado y muy inclinado. Que en general coincide con las laderas bajas y zonas próximas a cauce.
- Entre 27% y 46%. Débilmente escarpado. A partir de estas endientes ya se observan fuertes procesos erosivos, movimiento de tierras, la caída de materiales y fenómenos de "creep".



Fotos 5 y 6. Proceso erosivo activo con movimientos de tierras y piedras, con afectación de cimientos en edificaciones de San Roque y Casa Blanca III

de los materiales y la utilización de técnicas de mejora del terreno, ofrecen mejor calidad en las edificaciones. Si bien, los acontecimientos ocurridos en febrero de 2006 en la calle Pancho Guerra, en el Paseo de San Antonio, donde un movimiento de tierras provocó la caída de un muro que afectó a varios dúplex y desencadenó tres muertes y trece heridos, han

- Entre 47% y 70%. Escarpado.
- Mayores de 70%. Precipicio. Que coinciden en general con las zonas de laderas naturales sobre o próximas a las edificaciones, pero sobre las cuales se localizan un número no despreciable de edificaciones. Existiendo sectores de laderas naturales en extraplomo o cornisas en precario

Son principalmente, laderas naturales y taludes residuales aislados en contacto o sobre las edificaciones, las naves industriales o las infraestructuras. El resto de los barrios presentan en general, una alta concentración edificatoria entorno o bajo laderas naturales, sobre las que se ob-

observar con facilidad las características topográficas y geológicas de estos espacios edificados.

Formación detrítica de Las Palmas

Se distinguen sus tres miembros: El miembro inferior, constituido por con-



Fotos: 9 y 10. Edificaciones sobre toba volcánica "ash and pumice" en San Nicolás y edificaciones de autoconstrucción sobre taludes naturales carentes de medidas de contención, en Lomo Apolinario

Las viviendas de autoconstrucción son las que presentan los mayores problemas, ya que la mayoría carecen de medidas de contención de sedimentos, desagües de aguas, o están construidas en contacto directo, o retranqueadas, entre las paredes verticales de los desmontes

servan procesos erosivos muy preocupantes, que desencadenan de manera habitual, movimientos de tierras, caída de piedras y reptación de finos.

A nivel geológico, las laderas de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria están edificadas principalmente sobre sedimentos, concretamente sobre la Formación detrítica de Las Palmas, entre los que se intercalan o sobreponen paquetes de coladas volcánicas, que afloran de manera puntual o en grandes contactos, en determinados sectores de la ciudad.

Atendiendo a la vulnerabilidad y concentración edificatoria, se ha confeccionado una tabla de valores múltiples, de manera que el lector, pueda

glomerados poco seleccionados de bloques, bolos y gravas de diversa naturaleza, con tramos en los que se intercalan niveles de arenas. El miembro medio, constituidos por distinto niveles de detritos continentales y marinos, y arenas eólicas. Y el miembro superior, compuesto por conglomerados, arenas y depósitos epiclástiz erosionables, sobre todo si están desagregados. No admite taludes medios verticales, aunque sí cargas elevadas, siempre que estén bien estabilizados y provistos de elementos de drenaje y contención. Presentando peor asiento, los sectores con niveles arenosos, y sectores con materiales muy desagregados.

Lavas fonolíticas y tobas “ash and pumice”

Son materiales de notable alterabilidad pero de erosión poco marcada, que admiten taludes artificiales medios y verticales estables; aunque condicionados, por los frecuentes desprendimientos y caída de bloques que desencadenan.

Lavas basálticas

Las condiciones de cimentación varían según el grado de alteración y erosión de la roca, aunque en general, es posible la cimentación directa. Las lavas tienen una resistencia de cimentación alta, y admite taludes artificiales medios verticales estables.

Conos de trefa y piroclastos

El soporte estructural de los conos, depende de la compactación de los materiales y los niveles de piroclastos no cohesivos; puede admitir taludes medios, siempre que los desmontes no alcance los niveles de piroclastos, dado que pueden originarse descalces, como los que se observan en algunos sectores de La isleta y Monte Luz. Con respecto a los piroclastos, hay que señalar que se comporta como cualquier material granular no cohesivo, así que donde se localicen, se han de esperar asientos importantes bajo zapatas o losas. Su alterabilidad y erosionabilidad son altas, no admitiendo taludes artificiales medio verticales estables, ya que los desprendimientos son frecuentes.

Con respecto a la red de saneamiento, hay que destacar la escasa sección que presenta el sistema unitario de estas infraestructuras; que son incapaces de evacuar en simultáneo las aguas residuales, y las aguas pluviales de la ciudad. De ahí, las periódicas inundaciones que sufre la ciudad, aún con las esclusas abiertas.

Como punto final, es importante destacar, el peligro añadido que soportan los asentamientos localizadas

dentro del dominio público hidráulico, o en zonas colindantes inundables. No es suficiente creer que el cauce está bien canalizado, dado que por lo general los caudales suelen resultar insuficiente, máxime, cuando estos se encuentran sucios u obstruidos por escombros o restos vegetales.

CONCLUSIONES

Conocidos y analizados los factores que controlan y desencadenan los fenómenos de movilidad del terreno en la ciudad de las Palmas de Gran Canaria, podemos concluir que los movimientos de tierras y flujos de barro que afectan a las edificaciones en periodos lluvioso, están vinculados, a las características topográficas y geológicas, la ocupación de suelos no aptos o pocos seguros para la edificación, y las deficientes medidas de contención de sedimentos y de evacuación de pluviales.

Como hemos observado, un simple análisis de los factores condicionantes y desencadenantes, pone de manifiesto la peligrosidad de estos espacios como lugar de asentamiento poblacional. Si a esta situación, añadimos los problemas derivados de precipitaciones extraordinarias con régimen torrencial, podríamos encontrarnos ante un área de riesgo potencial. Es fundamental identificar, los procesos potencialmente peligrosos de los espacios a edificar, si queremos minimizar los daños y evitar la pérdida de vidas; pero, ¿es apropiado establecer medidas correctoras para controlar sus efectos? o ¿es más conveniente controlar los asentamientos en zonas peligrosas?

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala-Carcedo, Francisco J., Ocina Cantos, J., (2002). *Riesgos Naturales*. Ariel Ciencia. Barcelona.
- Bielza Feliú, A. (1999). *Manual de Técnicas de Mejora del Terreno*. Unidad de Proyectos. Madrid.

A nivel geológico, las laderas de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria están edificadas principalmente, sobre sedimentos de la Formación detrítica de Las Palmas

- Casteleiro, M. (1986). Concepto de Riesgo. Desarrollo Histórico y su Tratamiento Estadístico. En *Riesgos Naturales en la Ingeniería Civil*. Universitat Politècnica de Catalunya, pp. 11-24, Barcelona.
- Gómez Orea, D. (1994). En Cardones, M; Vidal (2001), C. *La zonificación y Evaluación de los Riesgos Naturales de Tipo Geomorfológico: Un instrumento para la Planificación Urbana en la Ciudad de Concepción*. pp. 2. www.scielo.cl/scielo.php. Fecha 25/4/2007.
- González De Vallejo, L. I. (2005). *Ingeniería Geológica*. Pearson Prentice Hall. Madrid. Capítulo 14. Deslizamientos y otros Movimientos del Terreno. pp. 609, 611-630.
- Instituto Geológico y Minero de España (1974). *Mapa Geotécnico General*. Las Palmas de Gran Canaria. Escala 1: 200.000. Ministerio de Industria. Madrid.
- Instituto Nacional De Defensa Civil (2006). *Manual Básico para la Estimación del Riesgo*. Perú, p. 26 Artículo.
- Lomoschitz Mora-Figueroa, A. (1995). *Caracterización Geotécnica del Terreno, con Ejemplos de Gran Canaria y Tenerife*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- López Marina, J. M. (2006). *Geología Aplicada a la Ingeniería Civil*. Madrid.
- Máyer Suárez, P. (2003). *Lluvias e Inundaciones en la Ciudad de Las Palmas de Gran Canaria (1869-1999)*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Ayuntamiento de las Palmas de Gran Canaria.
- VV.AA. (2002). *Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes*. Carlos López Jimeno. Madrid.
- VV.AA. (1986). *Manual de Ingeniería de Taludes*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- VV.AA. *Tipología de Muros de Carreteras*. Dirección General de Carreteras - Ministerio de Fomento. Madrid.

BIOGRAFÍA

M^ª ÁNGELES BENJUMEA FLEITAS

es licenciada en Geografía por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), prosigue sus estudios realizando los cursos de Doctorado en Física Fundamental y Aplicada en la ULPGC. Obtiene en simultáneo, la suficiencia investigadora con la tesis: "Estudio de los Depósitos Piroclásticos de la Caldera de Bandama", y el título en Máster en Planeamiento Territorial y Urbano, en la Facultad de Arquitectura de la ULPGC, tras defender la tesis "Impactos Ambientales Producto del Trazado de las Vías de Comunicación en Territorio Insular". Actualmente se encuentra finalizando la tesis doctoral bajo el título de "Catálogo de Áreas Urbanas Sensibles a Riesgos Naturales en la Ciudad de Las Palmas de Gran Canaria", y como Técnico Superior en Gestión y Derecho de la Seguridad realiza una activa participación en proyectos relacionados con Seguridad y Emergencia, y con la Planificación y Ordenación del Territorio.

Patrocinador de esta investigación:

UNELCO ENDESA