Foto 56. Panorámica que muestra parte de la serie de 17 bloques rocosos de composición andesítica, que se encuentran en riesgo de colapso. Dichos bloques se ubican en la falda sur del cerro de Tres Marías.

Por otra parte, durante el recorrido de evaluación se observó que posiblemente habitantes de la zona realizan trabajos de tumbe de material rocoso muy cerca de la base de los bloques rocosos considerados de alto riesgo. Asimismo, se observó que existe ya una familia asentada irregularmente desde hace 10 años en la parte baja de las rocas en cuestión, lo cual representa ya un problema para el Ayuntamiento de Tenancingo.

Conforme a lo anterior se hacen las siguientes

Recomendaciones para la prevención del riesgo:

1. Que el Ayuntamiento, mediante Desarrollo Urbano, Catastro, la Dirección de Obras y Protección Civil municipales, estén atentos ante cualquier invasión irregular, a fin de evitar que la mancha urbana crezca hacia la parte alta de la falda sur del cerro de Tres Marías.

2. Que estas mismas instancias municipales prohíban, en la medida de lo posible, que la gente extraiga o colecte rocas de la base de la loma sur del cerro de Tres Marías, debido a que de esta manera se podrían debilitar y desestabilizar los

bloques mayores, provocando que el riesgo sea mayor. A este respecto se ha observado que algunas personas han utilizado este mismo material para sus construcciones.

3. Como el riesgo y peligro para la población tiene distinto grado a lo largo de toda la falda sur del cerro de Tres Marías, se propone que las instancias mencionadas realicen un recorrido detallado a fin de identificar los puntos más críticos por este tipo de riesgo (desplome y/o caída de fragmentos rocosos) y de esta manera establecer zonas de prioridad que requieran de una atención y solución más apremiante.

4. **Se prohíbe terminantemente realizar cualquier método de demolición de estas rocas que utilice explosivos (explosión o implosión), puesto que cabe la posibilidad de que existan otros bloques rocosos en riesgo de caer o rodar pendiente abajo.**

5. De acuerdo a la situación de riesgo de la zona, lo más recomendable es utilizar el **Método de Disgregación Química,** debido a las pendientes altas del cerro y a su cercanía respecto de la zona urbana.

6. A este respecto, será necesario que el Ayuntamiento de Tenancingo comience a realizar las gestiones necesarias ante las autoridades correspondientes a fin de obtener los recursos económicos que le permitan contratar los servicios de un particular, especialista en este tipo de trabajos de demolición.

7. Como medida preventiva, mientras se realiza la recomendación no. 6, se propone construir a una distancia de unos seis metros pendiente abajo de los bloques rocosos evaluados, un muro de contención de unos 30 metros de largo aproximadamente. Este muro tendrá que ser de unos 2.5 metros de alto y 1.5 metros de espesor, reforzado con concreto armado a fin de soportar el impacto de los fragmentos de roca en caso de caer durante su disgregación. Así mismo, el muro deberá estar perfectamente anclado al terreno, de tal manera que no se pueda colapsar ante el peso e impacto de los fragmentos rocosos en el momento de caer. Adicionalmente, deberá colocarse un pequeño relleno con material blando, de tal manera que se amortigüe el impacto de los fragmentos de roca al momento de caer. Aquí se puede utilizar el ramaje de árboles, hierba y tierra de la misma zona (figura 11).

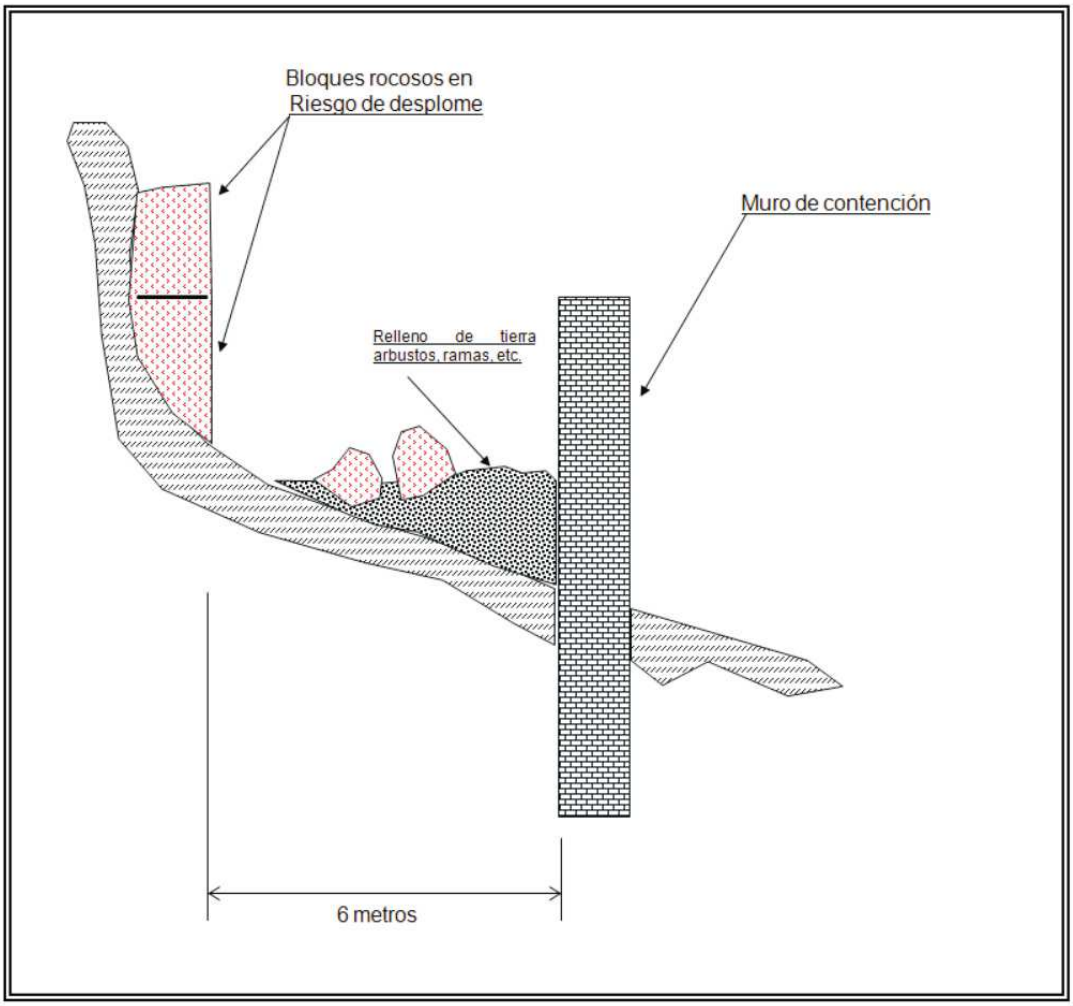


Figura 11. Diagrama que ilustra el tipo de obra requerida para captar los fragmentos de roca que pudieran caer antes o durante la realización de los trabajos de disgregación química, mencionados en las recomendaciones 5 y 7.

8. Se recomienda que Protección Civil Municipal, realice un censo cuidadoso de las personas y casas que se encuentran en esta zona de riesgo, a fin de elaborar un plan de contingencia por este fenómeno.

9. Asimismo, se recomienda que Protección Civil Municipal haga contacto con los organizadores de las festividades de la capilla de Los Remedios, a fin de que no se detonen cohetones ni "bombas" durante las festividades religiosas del 1o. de septiembre, debido a que pueden ser un factor que "dispare" el desplome de las rocas, así como la ocurrencia de cualquier sismo mayor de 6 grados en la escala de Richter, aunado a los factores de lluvia y cambios de temperatura como factores físicos ambientales entre otros.

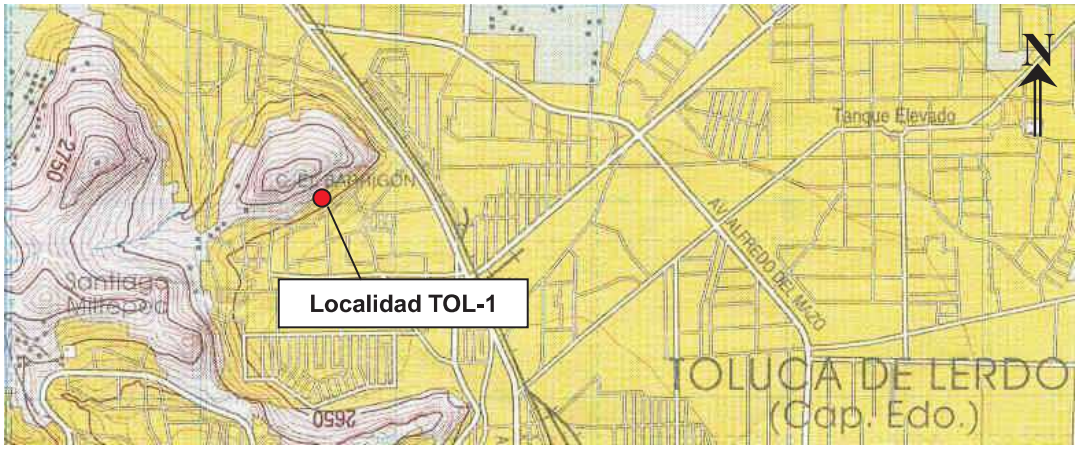
10. Se recomienda la limpieza de árboles y arbustos en la parte superior de las rocas problema, debido a que las raíces generalmente penetran por las fracturas por pequeñas que estas sean, generando el efecto de cuña, que también provoca el colapso y caída de rocas, como ha sucedido en otros municipios del territorio estatal.

Municipio de Toluca

Localidad TOL-1: [14]Santiago Miltepec
Ubicación: Aproximadamente a 2.5 km al noreste del palacio municipal
Localización: Latitud: 19° 18' 39.8" N
Longitud: 99° 38' 53.1" W
Altitud: 2 662 msnm

Descripción de la localidad visitada

El poblado de Santiago Miltepec, perteneciente al municipio de Toluca, se ubica en la falda sur del cerro Barrigón, conocido por los lugareños como cerro de Miltepec (plano 10), donde el 30 de junio de 2006 se desprendieron cinco rocas de varios tamaños, que impactaron en tres domicilios, localizados sobre la calle Independencia, uno de los cuales tiene el no. 26.



Plano 10. Ubicación general de la Localidad Tol-1: Santiago Miltepec, municipio de Toluca, Estado de México.

Sin embargo, y con la finalidad de evaluar todo el cantil del cerro Barrigón, se procedió a recorrerlo de oriente a poniente, debido a que la parte superior consta de rocas andesíticas altamente fracturadas, algunas de las cuales han caído en diferentes fechas, como las que se muestran en la foto 58, que se desprendieron hace unos tres años

(2003) según información de uno de los lugareños, y que estuvo a punto de impactar sobre una casa de la colonia Tres Caminos de la comunidad de Santiago Miltepec.

Estas rocas se desprendieron de la pared de un corte vertical (foto 57), resultado de una explotación anterior de material, que tiene una pendiente de 90^0 y una altura aproximada de 9 metros. La mayor de ellas (foto 58) fue de unos 4 metros de alto por 3 de ancho y 2 de fondo, que estuvo a punto de impactar en una casa habitada.

Cabe hacer mención de que en este extremo oriente del cerro Barrigón, existen cinco casas donde habitan unas 30 personas y que por tanto están en riesgo de sufrir el impacto por caída de rocas como se observa en la foto 58, ante lo cual se recomienda no construir cerca del corte vertical, ya que pueden desplomarse más fragmentos como los ya caídos dentro de una casa en construcción (foto 57).

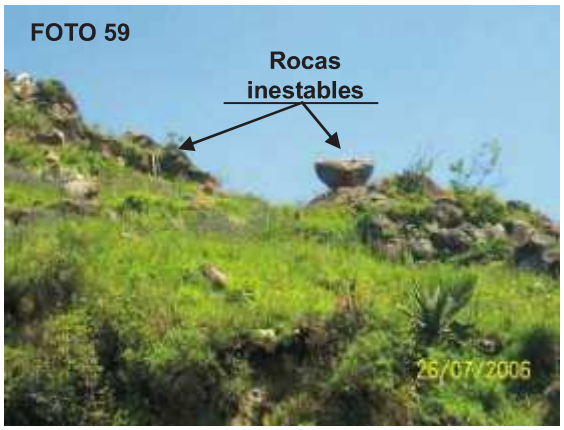
Fotos 57 y 58. En la primera imagen se muestra el corte vertical, a partir de donde han ocurrido desprendimientos y caída de bloques rocosos. En la segunda imagen se ilustra el bloque mayor, caído del corte mostrado en la foto 1. Nótese el alto grado de fractura en el corte o cantil, la mezcla con tobas altamente degradadas por procesos físicos de intemperismo y la presencia de arbustos que también contribuyen al fallamiento y caída de los bloques

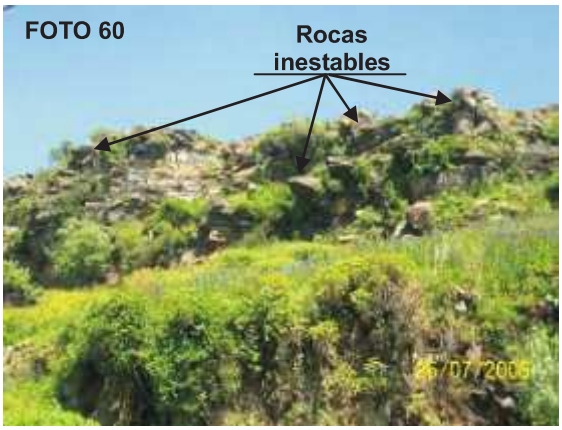
Continuando hacia el poniente del mismo cerro, se observan una serie de rocas con un alto grado de inestabilidad, como se puede ver en las fotos 59 y 60, debido a que las mismas pueden caer y rodar hacia las casas que se ubican a lo largo de la calle Independencia, la cual va de oriente a poniente y a todo lo largo de la orilla sur del mismo cerro, sobre el pie de monte.

Más al poniente se ubicaron los tres domicilios (uno de ellos con tres habitantes, foto 62) afectados el 30 de junio de 2006 por el impacto de las cinco rocas desprendidas del

cantil (foto 61), que rodaron aproximadamente 40 metros por una pendiente de unos 40^0.

Este desprendimiento ocurrió a las 3:15 a.m. posiblemente por efecto de una lluvia extraordinaria que comenzó alrededor de las 23:15 p.m. del 29 de junio de 2006 y que duró hasta las 3:45 a.m. del día siguiente. Aunado a lo anterior, seguramente incidieron otros factores, tales como el alto fracturamiento de las rocas, los pequeños fragmentos caídos dentro de las mismas fracturas, el efecto de cuña provocado por las raíces de los arbustos existentes y el suelo residual, que al combinarse con el agua de lluvia, sirvió como lubricante para que dichos bloques (foto 61) cayeran y rodaran pendiente abajo hacia las casas ubicadas a una distancia de entre 40 y 50 metros.





Fotos 59 y 60. En estas imágenes, se ve claramente la situación de los fragmentos rocosos, que pueden caer y rodar pendiente abajo hacia la zona urbana, bajo la acción de lluvias extraordinarias, por un sismo o por el efecto de cuña que ejercen las raíces de los arbustos existentes.

Otro de los domicilios afectados, donde habitan cuatro personas (fotos 63 y 64) fue impactado por dos rocas: una de aproximadamente 3.5 m de alto por 2.5 m de ancho y 2.0 m de fondo (~ 17.5 m^3) que perforó el techo de la construcción y otra de unos 3.5 m de alto por 2.5 m de ancho y 2.5 m de fondo (~ 21.87 m^3) que llegó hasta el patio y barda, que colinda con la calle Independencia, y cuyo número correspondiente es el 26.

Fotos 61 y 62. En la primera foto se señala la zona de desprendimiento de las rocas y su trayectoria por el pie de monte. En la segunda foto se muestra una de las rocas de 1 m de alto por 1 m de ancho y 1 m de fondo (1 m^3) que impactó en un domicilio.

Fotos 63 y 64. En la primera foto se observa la roca que perforó el techo de la casa y en la segunda imagen aparece otra roca que se detuvo en la barda colindante con la calle Independencia.

El tercer domicilio (fotos 65 y 66) donde impactaron otras dos rocas de unos 3.5 m de alto por 2.0 m de ancho y 1.5 m de fondo (~ 10.5 m^3) habitan otras cuatro personas. Este último domicilio aún sigue ocupado mas no los dos anteriores.

Fotos 65 y 66. En estas imágenes se muestra la casa del tercer domicilio, donde impactaron dos rocas similares, sólo que afortunadamente no penetraron en la construcción. En la segunda foto aparece el segundo delegado de Miltepec.

La mayoría de las construcciones existentes a lo largo de esta zona de riesgo, y que corresponde a la acera norte de la calle Independencia, datan por lo general de unos 20 años, sólo que algunos propietarios de ellas ya han invadido el límite de la zona urbana, que fue acotada desde hace 15 años, según lo manifestaron algunos vecinos y el segundo delegado municipal de Santiago Miltepec.

Afortunadamente, en ninguno de los tres domicilios (con un total de 67 moradores) afectados por la caída e impacto de las rocas hubo desgracias que lamentar; pero es imperativo retirar los bloques de cada una de las casas, realizar un trabajo cuidadoso en la parte alta del cantil a lo largo de todo el cerro Barrigón en su parte sur, con la finalidad de retirar los bloques más inestables y así evitar posibles caídas hacia las casas existentes que ya se encuentran a una distancia no mayor a los 40 metros en su generalidad.

Foto 67. Panorama final después del desprendimiento de las rocas, más las que se encuentran apuntaladas y que deben retirarse. También se ve el camino abierto por la trayectoria de los bloques caídos.

Por otro lado, también deben retirarse las rocas que se hallan apuntaladas (foto 67) en la misma zona del desprendimiento que impactaron a los domicilios mencionados, debido a que

pueden caer, por ejemplo, en caso de ocurrencia de un sismo y rodar nuevamente hacia los domicilios ya dañados y en otros adyacentes.

Al inspeccionar la parte poniente de este mismo cerro (fotos 68 y 69), se observó un panorama similar de rocas altamente fracturadas y con peligro de caer hacia las construcciones que se encuentran en la acera norte de la calle Independencia, a la altura de su intersección con Prolongación Benito Juárez.

El la foto 68 se observa claramente una serie de fragmentos rocosos caídos con anterioridad y que son indicadores de lo que puede seguir ocurriendo, además de generar otros problemas en caso de que la mancha urbana se acerque más hacia los cantiles sobre el pie de monte, sin respetar el acotamiento de la zona urbana representada por mojoneras.

Finalmente debe señalarse que los factores que intervienen en este tipo de fenómeno de caída y rodamiento de bloques rocosos, son el fracturamiento de las rocas; la existencia de cantiles, como es el caso que nos ocupa; la existencia de árboles y arbustos, cuyas raíces hacen el efecto de cuña; el arrastre por agua de lluvia de pequeños guijarros hacia las mismas fracturas, que hacen el efecto de palanca; el impacto de lluvias extraordinarias, que al arrastrar el sedimento fino por las fracturas, sirven de lubricante para que las rocas caigan más fácilmente; sismos de magnitud moderada, que también pueden "disparar" este tipo de fenómeno y otros agentes físicos propios del intemperismo.

Fotos 68 y 69. En la primera foto se observan las rocas altamente fracturadas e inestables y en la segunda se aprecian muchos fragmentos caídos y rodados anteriormente, que son indicadores de lo que podría ocurrir en caso de crecer la mancha urbana en dirección de los cantiles.

De acuerdo a lo anterior, se hacen las siguientes:

Recomendaciones de prevención de riesgo:

1. Como primera medida, se recomienda retirar las rocas que impactaron a los tres domicilios, lo que podrá realizarse mediante la aplicación de barrenos y posterior relleno con disgregantes químicos; para su desintegración en forma de pequeños bloques para su posterior retiro.

2. También es recomendable retirar las rocas que se encuentran apuntaladas en la zona donde ocurrió el desprendimiento de las rocas mediante el mismo método.

3. De la misma manera, es importante retirar todos los fragmentos menores y las rocas mayores inestables que se encuentran en la parte alta del cantil mediante dos técnicas, según su situación:

    a. Los fragmentos menores podrán ser retirados manualmente hacia sitios donde no representen ningún riesgo o podrán también ser aprovechados para alguna obra adicional dentro de la comunidad.

    b. Los fragmentos mayores, se podrán retirar utilizando solo disgregantes químicos, pues de esta manera se eliminará el riesgo o peligro de caer pendiente abajo si se usan explosivos. Esto es aplicable para todo el cantil sur, a lo largo del cerro Barrigón.

4. Debe también retirarse o limpiarse toda la parte superior del cantil de arbustos y pequeños árboles, debido a que las raíces, al penetrar por las fallas y fracturas, hacen el efecto de cuña, lo que propicia la caída de bloques, como ha ocurrido en otros municipios del territorio estatal. Esta misma operación es válida para los arbustos que se encuentren en la pared del mismo corte o cantil.

5. Que el Ayuntamiento, mediante sus instancias de Desarrollo Urbano y Catastro, revise la situación de cada uno de los predios localizados hacia la parte norte de la acera sobre la calle Independencia, a fin de constatar el límite de la zona urbana, representada en campo mediante mojoneras.

6. Que la Dirección de Ecología Municipal también revise, y en su caso, reconstruya las mojoneras que representan el límite de la zona urbana en esta zona de riesgo, lo cual será benéfico si también lo hacen del conocimiento a los delegados municipales de de Santiago Miltepec.

7. Evitar otorgar permisos de construcción en dirección hacia la zona de cantil, con la finalidad de evitar un desarrollo irregular que a futuro genere mayores problemas a la comunidad y al municipio.

8. Es importante que la Dirección de Obras Públicas del municipio también participe conjuntamente con las instancias anteriores para dar solución a este problema.

9. También se recomienda que el personal de la Unidad Municipal de Protección Civil, notifique por escrito a los moradores de las casas en toda la acera norte de la calle Independencia, que se encuentran en riesgo por este tipo de fenómeno de desprendimiento y rodamiento de rocas a partir del cantil sur del cerro Barrigón, lo cual los hace vulnerables en caso de su ocurrencia.

10. Es importante que Protección Civil Municipal realice un censo cuidadoso de todas las personas y casas que se ubican a lo largo de toda la acera norte de calle Independencia, a fin de considerarlas en un plan de contingencias que debe elaborarse para este caso particular de riesgo.

11. Respecto del corte vertical existente en el extremo oriente del cerro Barrigón, en la colonia Tres Caminos, debe estabilizarse mediante la implementación de una malla que contemple un anclaje y concreto lanzado, previo retiro de árboles y arbustos de la parte superior, con la finalidad de evitar que sus raíces hagan el efecto de cuña por las fracturas de la roca.

12. Prohibir, terminantemente por parte de la instancia municipal correspondiente, la construcción de nuevas casas cerca de este cantil de la colonia Tres Caminos, debido al alto riesgo que representa la caída de bloques rocosos que pueden seguir ocurriendo en un futuro a mediano y largo plazo.

13. Finalmente, es importante que la Dirección de Ecología Municipal considere la reforestación de todo el pie de monte a lo largo del costado sur del cerro Barrigón, a fin de que los árboles sirvan de amortiguadores ante futuras caídas de fragmentos, producto de los cantiles. Para esta reforestación se recomienda la siembra de árboles y arbustos propios de la zona, como son pirules y tepozanes principalmente, debido a que son fuertes, no requieren de mucha tierra y crecen en medios rocosos. Adicionalmente, esta área arbolada servirá para favorecer la recarga del acuífero local y como zona de esparcimiento para los mismos pobladores de la comunidad.

Conclusiones

Del presente trabajo, se concluye la importancia que tiene este fenómeno geológico de caída y rodamiento de rocas y su impacto dentro de ciertos núcleos de población y vías de comunicación dentro del territorio del Estado de México.

Si bien los estudios de evaluación técnica que aquí se incluyen son un esfuerzo que realiza el Gobierno del Estado de México a través de la Dirección General de Protección Civil, para mitigar en lo posible el impacto de este fenómeno geológico en ciertas áreas del territorio estatal, aún falta mucho por investigar, debido a que existen muchas comunidades pequeñas dispersas en gran parte del estado, además de la red carretera existente en las áreas serranas, sobre todo en la parte sur y poniente del mismo territorio.

Por tanto, es patente la importancia que tiene para los municipios involucrados en este tipo de fenómeno darle seguimiento a esta problemática, pues si bien las recomendaciones para la prevención del riesgo que se emiten para cada caso en particular, deben ser atendidas por cada ayuntamiento mediante sus instancias de Desarrollo Urbano, Obras Públicas, Ecología y Catastro en la medida de sus posibilidades, también se busca el apoyo de diferentes dependencias estatales y/o federales involucradas para cada caso particular de riesgo, como son la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) mediante sus Juntas Locales de Caminos, Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM), Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México (IFOMEGEM) y Comisión Nacional del Agua, principalmente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cruden, D. M., 1991. A Simple Definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, no. 43, pp. 27-29.

2. Hutchinson, J., 1996. Morphological and Geotechnical parameters of landslides in relation geology and hydrogeology: The Fifth International Symposium on Landslides.

3. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2003. Informe de Trabajo al problema del posible desprendimiento de rocas en el Paraje "Piedras Largas", que se ubica en la parte alta de la Colonia Almácigo Norte del municipio de Ecatepec, dentro de la Sierra de Guadalupe, Informe Interno, 6 p.

4. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2004, Reporte de la visita de evaluación técnica de campo efectuada el 11 de agosto del 2004, a diversas localidades del municipio de Ecatepec, México. Reporte Interno, 10 p.

5. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2005, Reporte de la visita de evaluación técnica de campo efectuada el 9 de noviembre del 2005, a la Colonia Piedra Grande, perteneciente a San Pedro Xalostoc, municipio de Ecatepec, Estado de México. Reporte Interno, 9 p.

6. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2006, Reporte de la visita de evaluación técnica de campo efectuada el 14 de diciembre del 2006, a las zonas de invasión irregular en las Colonias: Tablas del Pozo, Arboledas, La Agüita y los Parajes La Lomita, Las Cruces y La Esperanza; pertenecientes al municipio de Ecatepec, Estado de México. Reporte Interno, 13 p.

7. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2003, Reporte de la visita de evaluación técnica de campo efectuada el 28 de julio del 2003, a diversas localidades del municipio de Tlalnepantla, México. Reporte Interno, 13 p.

8. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2004, Reporte técnico de las visitas realizadas el 12 y 26 de octubre del 2004, a la Colonia Cuauhtémoc y Cerro Loma Bonita, municipio de Tlalnepantla, México. Reporte Interno, 7 p.

9. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2003, Reporte de la visita de evaluación técnica de campo efectuada el 11 de septiembre del 2003, a diversas localidades del municipio de Temascalcingo. Reporte Interno, 8 p.

10. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2003, Informe de la visita técnica de campo efectuada el 30 de septiembre del 2003, a la zona de derrumbe en la Colonia San Lorenzo Totolinga, municipio de Naucalpan, México. Reporte Interno, 6 p.

11. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2005, Informe de la visita técnica de campo efectuada el 15 de febrero del 2005, a la Colonia San Lorenzo Totolinga, municipio de Naucalpan, México. Reporte Interno, 11 p.

12. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2004, Reporte de la visita de evaluación técnica de campo, efectuada el 28 de julio del 2004 al Barrio de Chapultepec, Delegación de Santa Isabel Chalma, municipio de Amecameca. Reporte Interno, 7 p.

13. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2005, Informe de la visita técnica de campo efectuada el 8 de febrero del 2005 al municipio de Tenancingo, México. Reporte Interno, 7 p.

14. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2006, Reporte de la visita de evaluación técnica de campo efectuada el 26 de julio del 2006, a Santiago Miltepec, municipio de Toluca, Estado de México. Reporte Interno, 9 p.

15. Instituto de Protección Civil del Estado de México – Universidad Autónoma de México, Instituto de Geología, Servicio Geológico Metropolitano, 2004. Evaluación y Zonificación de los Peligros Geológicos por Deslizamiento en las Laderas de la Sierra de Guadalupe, Estado de México. Informe Interno, 121 p.

16. Varnes, D. J., 1975, Slope movements in the Western United States. En Mass Wasting (Norwich: Geo Abstracts). 17 p.

17. Varnes, D. J., 1978, Slope Movement Types and Processes, in R.L. Schuster and R. J. Krizek (eds.), Landslides, Analysis, and Control, Special Report 176 (Washington, D. C.: Transportation Research Board, 1978), pp. 12-33.

Autor: José Luis Segura Rojas
Coautor: Esteban Ramos Jiménez
Corrección: Blanca Leonor Ocampo y María del Carmen Rivero Quinto

CE:202/02/01/10-03