

Instituto de Protección Civil del Estado de México

Cuaderno de Investigación

5



Deslizamientos de Suelos Ocurridos en los Municipios de Amatepec, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal y Tenancingo, Estado de México



Gobierno del Estado de México



INSTITUTO DE PROTECCIÓN CIVIL



AVANZA

***Deslizamientos de Suelos Ocurridos
en los Municipios de Amatepec, Coatepec
Harinas, Ixtapan de la Sal y Tenancingo,
Estado de México***

**Instituto de Protección Civil
del Estado de México**

Cuaderno de Investigación 5

Directorio

Lic. Arturo Montiel Rojas,
Gobernador Constitucional del Estado de México.

Ing. Manuel Cadena Morales,
Secretario General de Gobierno.

Lic. Mayolo Medina Linares,
Subsecretario de Seguridad Pública

Arq. Miguel Ángel Cruz Guerrero,
Director General del Instituto de Protección Civil.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
MECÁNICA DEL DESLIZAMIENTO.....	11
Factores que influyen en los deslizamientos.....	13
Casos de estudio y evaluación.....	13
DESLIZAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE AMATEPEC.....	13
Antecedentes.....	14
Trabajo de campo.....	15
DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO DE COATEPEC HARINAS.....	22
Localidad 1 (PUNTO A). Deslizamiento en La Laguna 1, Chiltepec de Hidalgo.....	22
Antecedentes.....	22
Descripción del problema.....	22
Localidad 2 (PUNTO B). Deslizamiento en La Laguna 2, Chiltepec de Hidalgo.....	24
Antecedentes.....	24
Descripción del problema.....	24
Localidad 3 (PUNTO C). Deslizamiento en un tramo de la carretera Chiltepec de Hidalgo-Las Vueltas, Chiltepec de Hidalgo.....	25
Antecedentes.....	25
Descripción del problema.....	25
DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO DE IXTAPAN DE LA SAL.....	25
Localidad de San Miguel Laderas.....	26
Antecedentes.....	26
Descripción del problema.....	26
Localidad de Los Naranjos.....	27
Antecedentes.....	27
Descripción del problema.....	27
DESLIZAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE TENANCINGO.....	28
Localidad 1. Zona de deslizamiento en terrenos de cultivo pertenecientes al ejido de San Martín Coapaxtongo.....	28
Antecedentes.....	28
Trabajo de campo.....	29
RECOMENDACIONES GENERALES DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS DE DESLIZAMIENTOS.....	29
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

PRESENTACIÓN

El Instituto de Protección Civil del Estado de México edita este Cuaderno de Investigación para dar difusión a los trabajos que desarrolla sobre fenómenos de deslizamientos que han ocurrido en algunos municipios del sur del territorio estatal, en el caso particular en comunidades asentadas en la zona de influencia del volcán Xinantécatl y en otras similares en cuanto a topografía y morfología del terreno.

Es importante señalar que las precipitaciones pluviales promedio de estas zonas son mayores que la nacional que es de 800mm. Para la realización de estos estudios se utilizan técnicas de topografía, geología, geofísica, análisis de imágenes aéreas, etc, mediante las cuales es posible estudiar los movimientos y la mecánica de los movimientos de masas de tierra.

Los resultados de estos estudios, que incluyen recomendaciones de prevención de los riesgos hacia la población vulnerable, se hacen del conocimiento de las autoridades municipales correspondientes y demás autoridades estatales y federales en el ámbito de su competencia, a efecto de que se proceda a elaborar los planes de emergencia y se tomen las medidas necesarias para la mitigación de posibles impactos.

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos, generalmente se presentan en lugares cuya topografía es muy accidentada, con pendientes mayores a los 30° , además de que influyen factores tanto humanos como naturales para disparar éste fenómeno geológico, mediante el cual el terreno empieza a deslizarse pendiente abajo.

Dentro del territorio del Estado de México, éste fenómeno se ha generado principalmente en las partes serranas de las estribaciones sur y sureste del volcán Xinantécatl, correspondiente a los municipios de Coatepec Harinas, Ixtapan de La Sal y Tenancingo. También ocurre en la parte sur del estado, en la cabecera municipal de Amatepec.

En el caso específico de estos cuatro municipios, los factores determinantes que han dado origen a éste fenómeno, son el agua de lluvia, los cortes en las laderas, sismicidad local o regional, tipo de vegetación, grado de erosión, tala inmoderada, agricultura mal practicada, etc, que han provocado su debilitamiento y por ende su deslizamiento por factores adicionales como son el tipo de terreno y pendientes pronunciadas. El factor agua de lluvia, incide generalmente durante la temporada comprendida entre los meses de junio a octubre de cada año, donde la precipitación promedio de la zona es de 1,157 mm.

Éste proceso se da cuando existen estratos de aluvión, arcilla y/o material de caída, como es el caso de la zona que aquí se trata, los cuales se encuentran plegados y con una cierta pendiente formando laderas, que al ser cortadas dan lugar al deslizamiento.

También ocurren cuando existen rocas altamente intemperizadas en zonas volcánicas, las cuales guardan una cierta pendiente respecto a un plano horizontal y que pueden deslizarse por tectonismo o por esfuerzos acumulados durante un cierto período de tiempo. Obviamente, el fenómeno debe ser acompañado por la presencia de sedimentos finos y el agua de lluvia, que provocará el movimiento de material sobre un plano de deslizamiento a cierta profundidad, donde puede encontrarse la interfase con la siguiente capa a profundidad.

El estudio comprende los siguientes capítulos: mecánica del deslizamiento; factores que influyen en los deslizamientos; casos de estudio y evaluación; deslizamiento en el municipio de Amatepec; deslizamientos en el municipio de Coatepec Harinas; deslizamientos en el municipio de Ixtapan de la Sal; deslizamiento en el municipio de Tenancingo, recomendaciones generales de prevención de los riesgos, conclusiones y bibliografía.

Con los trabajos realizados en diferentes localidades de los cuatro municipios arriba señalados a lo largo de los últimos 3 años (2002-2004) se ha buscado conocer la mecánica y dinámica de sus movimientos, ya que anteriormente no se habían realizado éste tipo de estudios.

Si bien los deslizamientos ya se venían presentando, no se les dio atención desde el punto de vista técnico por las condiciones socioeconómicas de las regiones y solo con la creación del Instituto de Protección Civil a partir del 7 de marzo del 2001, se diseñó un programa de investigación para todo tipo de fenómenos naturales y antropogénicos.

Es así que con estos estudios se busca mediante su análisis y evaluación, dar una respuesta positiva a la población asentada en zonas con estos problemas, como es el caso específico de Amatepec, donde ya se encuentra en proceso de construcción la reubicación de la Escuela Primaria Estatal "20 de Noviembre".

MECÁNICA DEL DESLIZAMIENTO

Los fenómenos geológicos que afectan a gran parte del territorio del Estado de México, se presentan primordialmente en zonas serranas, cuya topografía y tipo de material son propicios para que ocurran los deslizamientos de bloques de terreno, con el consecuente peligro y riesgo tanto para algunos núcleos de población, como para las personas que transitan a pie o en vehículos por algunos caminos y carreteras que comunican a distintas comunidades.

Dichos deslizamientos, son movimientos de masas de roca, de sedimentos o una combinación de ellos, que al superar la resistencia al corte del material, tienden a migrar pendiente abajo a lo largo de superficies de falla en las laderas de cerros y montañas.

La velocidad con que ocurren, puede variar de acuerdo a las condiciones del terreno: a las pendientes, tipo de material, cantidad de agua de lluvia, sismicidad local o regional, tipo de vegetación, grado de erosión del terreno y a diversas actividades del hombre, tales como tala inmoderada, agricultura mal practicada, cortes para construcciones, caminos, carreteras, etc. También dichos movimientos pueden: ser lentos y progresivos, moderados o bruscos, de acuerdo al grado de afectación de las laderas con los factores arriba señalados.

Inicialmente se produce una rotura del terreno en la parte superior (corona) de la ladera, formando lo que se conoce como escarpe principal y posteriormente se generan una serie de pequeñas fracturas escalonadas asociadas a la primera, a medida que el terreno comienza a deslizarse pendiente abajo. Los deslizamientos varían en dimensiones y en distancias recorridas pendiente abajo, dependiendo de la morfología del terreno, ya que dichas masas en movimiento pueden alcanzar hasta varios cientos de metros.

Los volúmenes de material deslizado, también aumentan a medida que el movimiento pendiente abajo es mayor, ya que el terreno se dilata con el agua de lluvia incorporada durante la dinámica de éste proceso.

En algunas ocasiones, estas masas deslizantes son controladas por discontinuidades debidas a estratificación, esquistosidad (como en el caso de Amatepec), diaclasas, fallas y fracturas, etc., que influyen en la variación de la resistencia al corte entre estratos o capas de diferente naturaleza, grados de meteorización, tipos de rellenos en discontinuidades, etc.

Un ejemplo del proceso de deslizamiento se da cuando al cortar la parte inferior de una ladera, ésta se debilita y al perder estabilidad, empieza a deslizarse pendiente abajo, principalmente durante la temporada de lluvias o ante la ocurrencia de un sismo. Si estos dos factores se combinan, el proceso se acelera ya que al saturarse el terreno y tener mayor peso (el bloque), comienza el movimiento, generándose una zona de fractura en el área denominada corona (figura 1), donde también aparece un escalón en el terreno llamado escarpe principal.

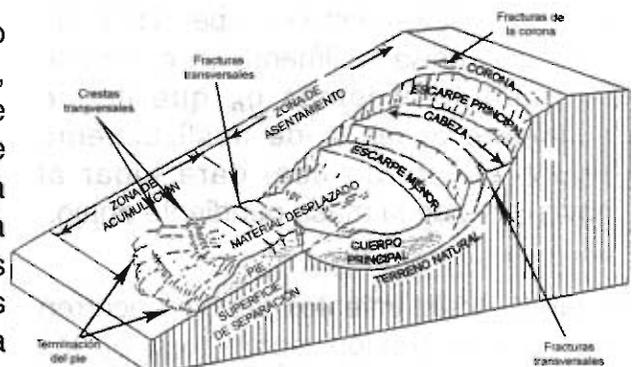


Figura 1. En éste diagrama, se señalan las principales características de un bloque de deslizamiento (Tomado y traducido de Hiroyuki Nakamura)

Hacia la parte inferior de éste bloque, aparecen otros escarpes menores o escalones de caída del terreno, asociados con fracturas transversales, por donde el agua de lluvia penetra con facilidad hacia la parte inferior del bloque, en la que se encuentra la interfase con la capa o estrato inferior, que corresponde al plano o zona de deslizamiento (figura 2).

Generalmente el área donde ocurren las fracturas transversales y los escalonamientos o escarpes menores, se generan asentamientos diferenciales del terreno, debido a que el terreno original migra hacia la parte inferior por saturación de agua y gravedad.

Hacia la parte inferior del terreno en proceso de deslizamiento, se encuentra la denominada zona de acumulación de material, donde la terminación de la misma da lugar a cuerpos de material digitado (en forma de dedos) para formar lo que se ha llamado pie del deslizamiento.

Se ha observado que los movimientos de deslizamiento se dan por intervalos de tiempo, los cuales están asociados a los períodos de lluvia, además de intervenir el tipo de grano del suelo o terreno, ya que si los coeficientes de permeabilidad son altos (como por ejemplo de 2×10^{-3} cm/s en arena suelta), entonces permitirá que el agua penetre fácilmente en el terreno saturándolo, además de que llegue fácilmente al plano de deslizamiento (figura 2), con lo cual dará lugar al movimiento de la masa pendiente abajo.

Algunos deslizamientos también ocurren debido a la erosión, sobre todo en los cauces de los ríos (figura 3), ya que el agua paulatinamente socava la base de las pendientes laterales de los ríos, arroyos o

barrancas, provocando que una masa de material se deslice pendiente abajo.

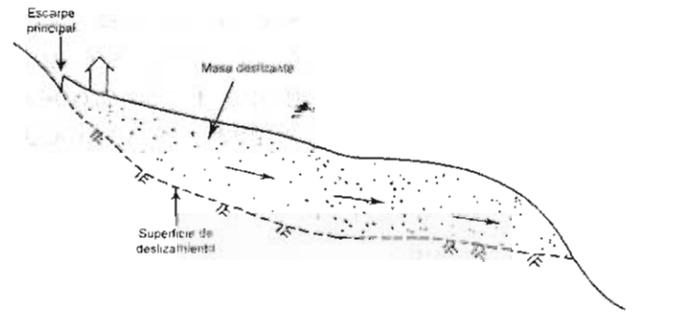


Figura 2. En éste diagrama, se esquematiza en forma general la masa deslizante, el plano o superficie de deslizamiento y el escarpe principal, que corresponde a la parte superior, donde se encuentra la corona (Traducido y modificado de Hiroyuki Nakamura)

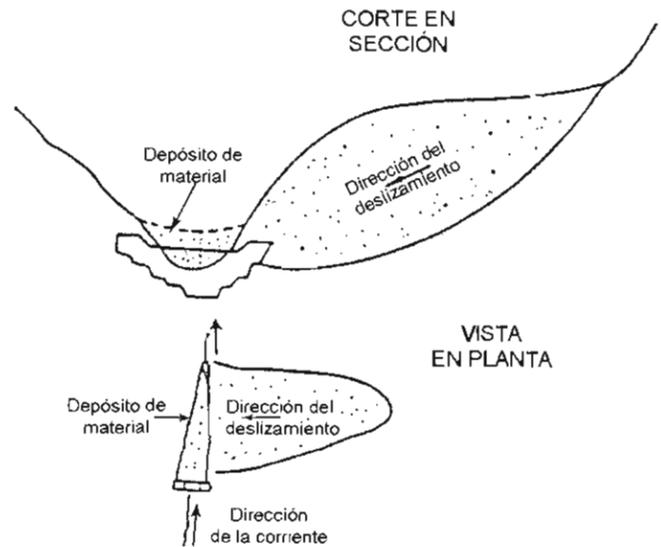


Figura 3. Aquí se esquematiza el proceso de un deslizamiento debido a la erosión de ladera, provocada por el cauce de una corriente de agua. En la parte superior está el corte vertical y en la inferior, la vista en planta de la misma zona (Tomado y traducido de Hiroyuki Nakamura)

Éste fenómeno, se da principalmente durante los períodos de lluvia o ante la ocurrencia de lluvias extraordinarias, aunado a que las capas de material, también buzan en dirección hacia el lecho de las corrientes.

Factores que influyen en los deslizamientos

Algunos deslizamientos también ocurren al realizar cortes durante la construcción de viviendas, caminos y carreteras, en cuyo caso interviene la estratigrafía, ya que si los estratos tienen echados en dirección del corte, entonces tenderán a deslizarse en la misma dirección sobre todo en la época de lluvias, además de intervenir otros factores de intemperismo que hacen que el material se degrade más fácilmente, inclusive el factor erosivo, sobre todo en las partes bajas del corte de la ladera.

En el presente documento, se trata ésta problemática debido a la existencia de núcleos de población, aunque también ocurren en las zonas de monte donde el riesgo prácticamente es nulo.

Así, el Instituto de Protección Civil del Estado de México, ha realizado estudios de evaluación de campo de los que se han derivado una serie de recomendaciones para la prevención del riesgo.

Casos de estudio y evaluación

Se han realizado estudios de evaluación para éste tipo de problemas específicamente en los municipios de Amatepec, Coatepec Harinas, Ixtapan de La Sal y Tenancingo debido al alto riesgo que representan para ciertos núcleos de población o en sus cercanías.

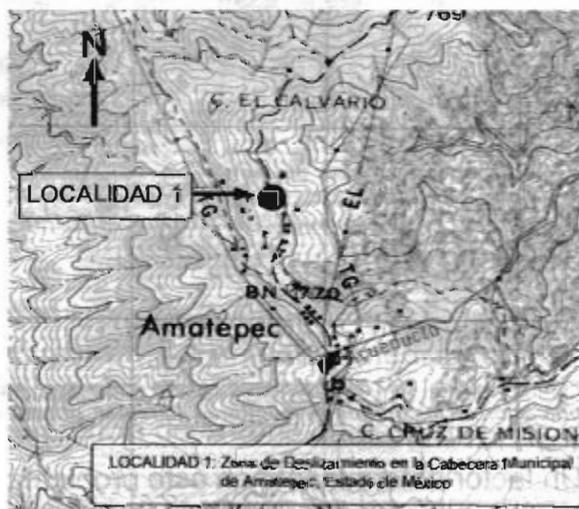
Sin embargo, esto no quiere decir que no existan más sitios con éste tipo de problemas, solo que se les ha dado prioridad a estos municipios por lo mencionado en el párrafo anterior.

DESLIZAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE AMATEPEC

El problema existente dentro de éste municipio (Plano 1), corresponde a la cabecera municipal, donde la población se encuentra asentada en la parte superior de una loma con rumbo general oriente-poniente.

La capa superior de la zona, se encuentra conformada por arcillas y en su parte inferior por rocas esquistosas altamente fracturadas, donde se originó un plano de deslizamiento en el subsuelo de la zona, debido a la fuerza de empuje proporcionada por el peso del bloque, por las construcciones establecidas encima del mismo, por la fuerza de gravedad y la inclinación del terreno.

Debe mencionarse, que la precipitación media anual es de 1,367 mm, además de que corresponde a una zona sísmica moderada, cercana al estado de Guerrero.



Plano 1. Ubicación de la zona donde se encuentra el bloque en proceso de deslizamiento, dentro de la cabecera municipal de Amatepec

Antecedentes

El deslizamiento que se presenta dentro de la cabecera municipal de éste municipio, fue detectado el 2 de mayo del 2002, por lo que se delimitó la zona afectada mediante la colocación de pares de postes de concreto de 20 cm de diámetro y 1.20 m de longitud, en el interior y exterior del bloque deslizante (figura 4), a fin de realizar un monitoreo periódico del movimiento relativo de dicho bloque respecto al terreno firme y estable, ya que ésta zona deslizante representa un alto riesgo para la población asentada en su interior y periferia.

Ésta ladera, buza al norte y se ubica entre las calles Cuauhtémoc, María Bonita y Prolongación María Bonita, donde incluso se encuentra una sección de la Escuela Primaria Federal 20 de Noviembre.



Figura 4. Zona de deslizamiento en la cabecera municipal de Amatepec, México. Fotografía aérea que muestra la ubicación de los puntos de monitoreo (círculos grises) en los cuales se colocaron pares de postes de concreto de 1.20 m de largo y 0.20 m de diámetro

Un factor determinante en éste problema, fue la remoción de material térreo de una parte de ladera, aproximadamente en el año de 1987 en el límite oriente de la Esc. Primaria Estatal "20 de Noviembre", con la finalidad de lotificar la propiedad, mientras que el material extraído fue utilizado como relleno para la terminación del libramiento vial a Tlatlaya (foto 1).

Para definir correctamente el área de terreno que está en proceso de movimiento, fue necesario realizar trabajos de campo a detalle, para detectar las fracturas y fisuras producto de éste

desconchamiento y sus “tasas” de deslizamiento mediante una serie de medidas sistemáticas y periódicas con la finalidad de monitorear su evolución, además de realizar un muestreo de la roca y terreno para definir sus características geológicas y grado de estabilidad.

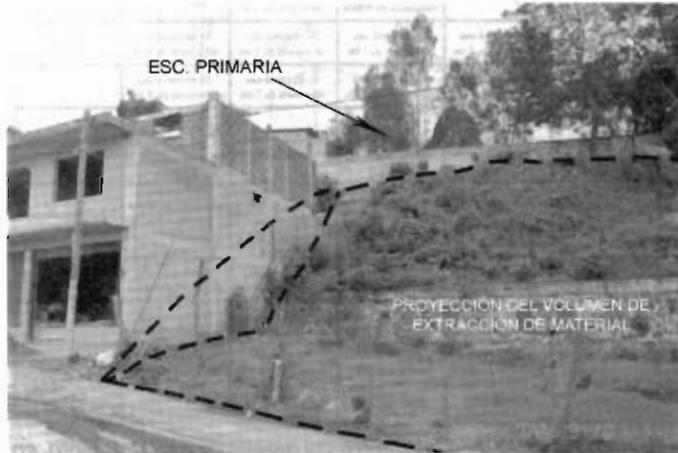


Foto 1. La imagen muestra la zona donde se extrajo el material, con la finalidad de lotificar el terreno

Trabajo de campo

Las actividades periódicas que se desarrollan en ésta zona de deslizamiento corresponden a:

1. Medición periódica con Sistema GPS de cada poste exterior e interior (foto 2), con la finalidad de conocer su posición geográfica y de esta manera establecer la dirección relativa del movimiento del bloque.
2. Medición periódica de la distancia entre par de postes (exterior e interior), con el objeto de conocer la tasa de movimiento del bloque deslizante.
3. Medición periódica con el uso de un nivel de precisión entre par de postes (exterior e interior), con el fin de conocer los desniveles del terreno en movimiento.

4. Medición periódica de magnetometría (foto 3), con apoyo de investigadores del Instituto de Geofísica de la UNAM, aunque en el presente trabajo no se incluye éste método.



Foto 3. Personal del Instituto de Geofísica de la UNAM, realizando las mediciones magnetométricas en el área del bloque deslizante



Foto 2. Toma de datos de localización geográfica y altitud, utilizando el equipo GPS en el punto No. 12, el cual se ubica dentro del bloque deslizante

Con base en lo anterior, las tablas 1 y 2 muestran las primeras mediciones de monitoreo, realizadas en los puntos de referencia de la zona de deslizamiento:

Durante la medición de los parámetros se observó que existen algunas diferencias debidas al movimiento del terreno, lo cual se consigna en las columnas 8, 9, 10 y 11 de la tabla 1.



POSTE EXTERIOR	POSTE INTERIOR	DISTANCIA MEDIDA EL SIGUENTE (metros)	VARIACIÓN ENTRE LA PRIMERA Y SEGUNDA MEDICIONES	VARIACION ENTRE LA SEGUNDA Y TERCERA MEDICIONES	VARIACION ENTRE LA TERCERA Y CUARTA MEDICIONES	VARIACION ENTRE LA CUARTA Y QUINTA MEDICIONES	OBSERVACIONES				
1	1'	6.780	6.780	6.760	6.760	6.780	Sin variación	Se observó una diferencia de 2 cm	Sin variación	Sin variación	Falta Poste en punto No. 1
1'	1"	12.090	12.090	12.090	12.120	12.090	Sin variación	Se observó una diferencia de 6 cm	Se observó una diferencia de 7 cm	Se observó una diferencia de 4 cm	Falta Poste en punto No. 1'
3	3'	16.435	16.435	16.440	16.440	16.430	Sin variación	Se observó una diferencia de 0.5 cm	Sin variación	Se observó una diferencia de 1 cm	
4	4'	7.385	7.385	7.620	7.620	7.780	Sin variación	Se observó una diferencia de 3.5 cm	Sin variación	Se observó una diferencia de 4 cm	
5	5'	6.535	6.535	6.540	6.550	6.550	Sin variación	Se observó una diferencia de 0.5 cm	Se observó una diferencia de 1 cm	Sin variación	
6	6'	35.330	35.300	35.370	35.300	35.390	Se observó una diferencia de 3 cm	Se observó una diferencia de 1 cm	Se observó una diferencia de 1 cm	Se observó una diferencia de 8 cm	Falta Poste en punto No. 6
7	7'	22.200	22.250	22.220	22.150	22.170	Se observó una diferencia de 5 cm	Se observó una diferencia de 3 cm	Se observó una diferencia de 7 cm	Se observó una diferencia de 2 cm	
8	8'	48.790	48.620	48.790	48.650	---	Se observó una diferencia de 4 cm	Se observó una diferencia de 3 cm	Se observó una diferencia de 14 cm	No se tomó medición, ya que el punto 8' fue destruido por personas	Falta Poste en punto No. 8'
9	9'	45.590	45.640	45.590	---	---	Se observó una diferencia de 16 cm	Se observó una diferencia de 11 cm	No se tomó medición, ya que el punto 9' fue destruido por personas	No se tomó medición, ya que el punto 9' fue destruido por personas	Falta Poste en punto No. 9'
10	10'	31.240	30.090	30.130	30.260	31.250	Se observó una diferencia de 14 cm	Se observó una diferencia de 5 cm	Se observó una diferencia de 11 cm	Se observó una diferencia de 23 cm	Falta Poste en punto No. 10'
11	11'	43.690	44.390	44.390	44.300	44.690	Se observó una diferencia de 10 cm	Se observó una diferencia de 2 cm	Se observó una diferencia de 2 cm	Se observó una diferencia de 21 cm	
12	12'	36.390	---	---	---	---	No se tomó medición, ya que el punto 12' fue destruido por personas	No se tomó medición, ya que el punto 12' fue destruido por personas	No se tomó medición, ya que el punto 12' fue destruido por personas	No se tomó medición, ya que el punto 12' fue destruido por personas	Falta Poste en punto No. 12'

Tabla 1. Primera, segunda, tercera, cuarta y quinta mediciones de monitoreo, realizadas dentro del bloque de deslizamiento, en base a los pares de postes (externos e internos) colocados previamente (como se observa en la figura 4)

La tabla 2 muestra los valores de GPS para la primera campaña de medición, aunque en el presente trabajo se omiten los valores subsiguientes de las campañas posteriores.

DATOS GPS			
PUNTO	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD (msnm)
1	18° 41' 16.1"	100° 11' 21.9"	1,876
1'	18° 41' 15.9"	100° 11' 21.8"	1,874
1"	18° 41' 16.2"	100° 11' 21.1"	1,87
3	18° 41' 15.7"	100° 11' 20.4"	1,860
3'	18° 41' 16.2"	100° 11' 20.9"	1,860
4	18° 41' 17.0"	100° 11' 21.0"	1,862
4'	18° 41' 16.8"	100° 11' 20.8"	1,862
5	18° 41' 15.7"	100° 11' 19.3"	1,854
5'	18° 41' 15.8"	100° 11' 19.3"	1,853
6	18° 41' 15.4"	100° 11' 18.4"	1,852
6'	18° 41' 16.3"	100° 11' 18.8"	1,850
7	18° 41' 18.0"	100° 11' 19.9"	1,850
7'	18° 41' 17.3"	100° 11' 19.7"	1,848
8	18° 41' 15.3"	100° 11' 16.3"	1,844
8'	18° 41' 16.6"	100° 11' 17.1"	1,843
9	18° 41' 15.6"	100° 11' 15.1"	1,838
9'	18° 41' 17.0"	100° 11' 15.8"	1,837
10	18° 41' 19.8"	100° 11' 18.1"	1,836
10'	18° 41' 19.2"	100° 11' 17.3"	1,836
11	18° 41' 21.7"	100° 11' 15.9"	1,810
11'	18° 41' 20.6"	100° 11' 15.2"	1,809
12	18° 41' 16.2"	100° 11' 13.0"	1,792
12'	18° 41' 16.8"	100° 11' 13.5"	1,793

Tabla 2. Mediciones con Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS), a fin de determinar la posición geográfica de cada poste interno y externo, en el bloque de deslizamiento

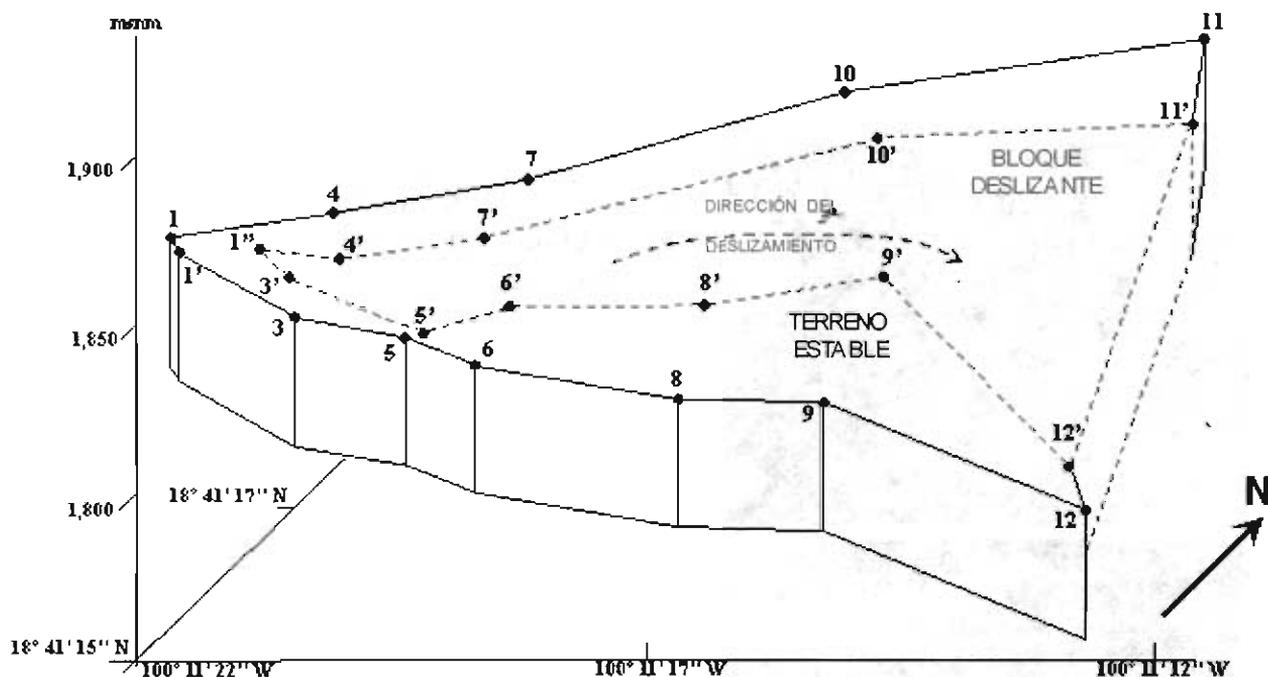


Figura 5. Bloque diagramático en tercera dimensión, realizado con las primeras mediciones de monitoreo en la zona de deslizamiento de la cabecera municipal de Amatepec

En la figura 5 se muestra el bloque diagramático tridimensional de la zona de deslizamiento, generado a partir de la información anterior.

La foto 4 tomada en el punto 7-7', muestra un claro cambio en el terreno, ya que hubo una diferencia de 5 cm, lo cual es un indicador de que el bloque se está moviendo. Asimismo, en el interior de la escuela se observaron evidencias de éste movimiento, el cual se aprecia perfectamente en algunos escalones del corredor y en la barda de la escuela (foto 5) que se está inclinando, además de observarse una separación del terreno de aproximadamente 5 centímetros.

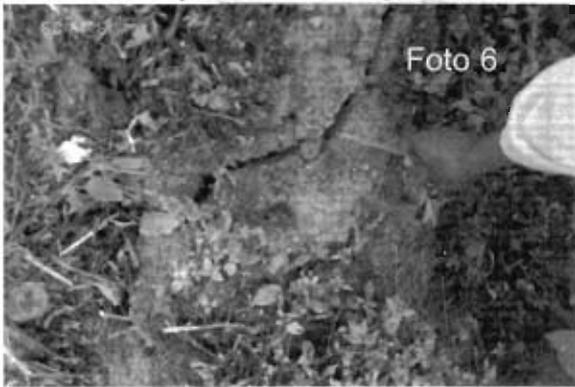


Foto 4. La imagen muestra la zona de los puntos 7-7', donde se observa el "salto" del terreno, a consecuencia del movimiento del bloque



Foto 5. Barda norte de la Escuela Primaria Estatal "20 de Noviembre", que muestra una deformación clara

En las imágenes de las fotos 6 y 7, se aprecia el efecto de asentamiento diferencial del terreno, debido a su movimiento pendiente abajo.



Fotos 6 y 7. La imagen de la foto 6, fue tomada entre los puntos 3-3'. Obsérvese el agrietamiento del terreno a consecuencia del movimiento del bloque deslizante. La foto 7, correspondiente a la calle Ampliación María Bonita, se observa el desnivel del terreno, en el cual existen aproximadamente 18 cm de separación

En el detalle del terreno sobre la calle Ampliación María Bonita, de fecha 19 de marzo del 2003 entre los puntos 7-7', se observaron evidencias de éste movimiento, que se aprecia perfectamente en la superficie del terreno con una separación vertical de aproximadamente 18 cm (foto 7), en un lapso de 1.5 años (compárese con la foto 4 de fecha 17 de octubre del 2002).

Por otro lado, en la foto 8 de fecha 31 de julio del 2003 se apreció un "brinco" del terreno, sufrido a raíz de una lluvia torrencial ocurrida el 28 de julio del mismo año.

Adicionalmente, se realizó un levantamiento topográfico mediante el uso de una estación total topográfica, para dar continuidad a los trabajos de monitoreo del bloque deslizante, cuyos datos aparecen en la tabla 3.

DATOS PROCESADOS PARA EL MEDELADO TRIDIMENSIONAL DEL BLOQUE DESLIZANTE			
ESTACIÓN	ESTE (eje x en m)	NORTE (eje y en m)	ALTITUD msnm (eje z)
1	374948.935	2066484.181	1761.202
2	374895.5	2066568.507	1763.32
3	374854.761	2066617.001	1767.039
4	374866.889	2066686.212	1770.741
5	374836.375	2066725.938	1773.79
6	374776.951	2066732.158	1778.214
7	374734.186	2066775.894	1783.764
8	374683.873	2066787.577	1788.596
9	374707.95	2066742.877	1792.715
10	374703.517	2066686.624	1798.918
11	374770.875	2066657.279	1805.171
12	374777.803	2066604.267	1808.529
13	374807.366	2066562.042	1811.889
14	374808.037	2066517.838	1815.673
15	374796.673	2066469.006	1816.617
16	374790.805	2066424.537	1815.753
17	374758.257	2066409.601	1815.28
18	374732.222	2066441.252	1819.763
19	374728.573	2066496.311	1831.47
20	374719.613	2066527.439	1833.227
21	374700.124	2066539.405	1834.008
22	374673.447	2066579.116	1830.498
23	374642.156	2066622.256	1829.425
24	374636.483	2066646.839	1829.012
25	374620.088	2066671.031	1826.505
26	374612.768	2066702.703	1823.212
27	374655.876	2066526.354	1843.073
28	374600.168	2066584.076	1847.101
29	374594	2066614	1850
30	374581.008	2066633.144	1855.314
31	374536.401	2066646.283	1857.97
22a	374659.843	2066591.852	1830.084



Foto 8. En ésta imagen se aprecia el desnivel sufrido por el terreno, debido al proceso de deslizamiento, acelerado por el agua de la lluvia torrencial ocurrida el 28 de agosto del 2003

Deslizamientos

22b	374638.531	2066579.476	1834.999
22c	374621.168	2066579.012	1841.153
22d	374623.344	2066571.078	1843.371
23v	374642.27	2066633.668	1829.048
23w	374640.299	2066637.603	1829.373
25a	374601.114	2066690.981	1830.04
25b	374573.147	2066671.485	1842.735
27a	374637.825	2066532.954	1849.651
29a	374578.121	2066608.635	1856.487
29b	374601.546	2066543.489	1854.664
8a	374745.03	2066728.489	1794.038
8b	374748.01	2066734.75	1790.026
8c	374736.433	2066738.521	1795.747
8d	374736.849	2066733.155	1792.457
8f	374727.232	2066710.008	1797.92
8g	374720.832	2066702.064	1791.66
8h	374716.895	2066709.755	1796.799
8i	374713.517	2066701.142	1797.958
8j	374713.334	2066678.782	1800.97
8k	374712.423	2066671.871	1801.923
8l	374718.01	2066660.635	1809.729
8l'	374714.575	2066664.523	1805.416
8m	374718.671	2066654.113	1812.764
8n	374705.064	2066664.007	1811.123
8n'	374701.17	2066647.013	1816.269
8o	374701.749	2066650.029	1815.154
8p	374697.738	2066651.982	1817.204
8q	374699.498	2066648.96	1816.361
8r	374694.997	2066643.994	1818.115
8s	374695.25	2066642.517	1819.113
8t	374691.858	2066644.419	1820.353
8u	374686.144	2066629.411	1825.936

Tabla 3. Datos topográficos obtenidos mediante el uso de una estación total topográfica, con los cuales se construyeron los modelos en dos y tres dimensiones de la zona donde se encuentra el bloque de deslizamiento

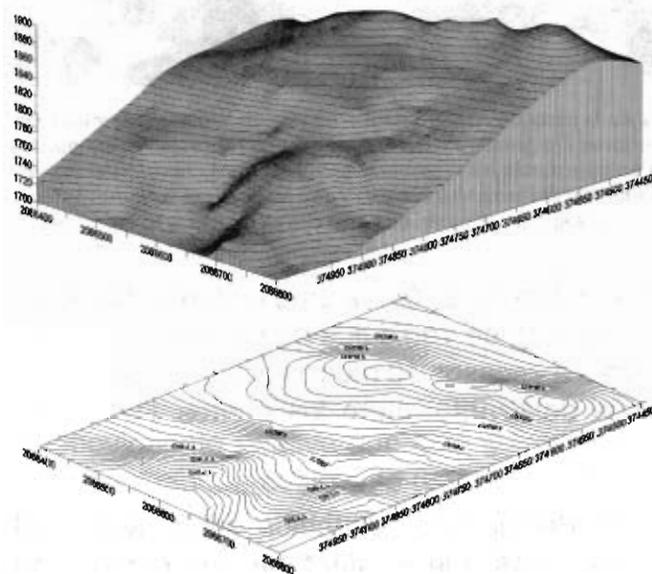


Figura 6. Modelos bidimensional y tridimensional de la zona de deslizamiento, ubicada en la cabecera municipal de Amatepec. Altura entre curvas de nivel: 5 metros, coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator)

Con estos datos se elaboraron los modelos topográficos bidimensional y tridimensional del terreno en estudio (figura 6).

Debido a que muchos "postes" fueron arrancados por los lugareños, hubo la necesidad de reestacar y por tanto comenzar nuevas mediciones con la estación total topográfica, para dar seguimiento a éste mismo fenómeno de deslizamiento.

Se comenzó una nueva campaña de medición de precisión con las nuevas estaciones marcadas tanto en segmentos como en puntos (en negro), en la fotografía aérea de la figura 7.

Así, en la tabla 4 se muestran los resultados de la primera, segunda, tercera y cuarta mediciones geodésicas, realizadas en los puntos de referencia de la zona de deslizamiento (ver figura 7); en tanto que la tabla 5 presenta las respectivas variaciones obtenidas entre estas mismas mediciones.

PUNTO EXTERIOR	PUNTO INTERIOR	PRIMERA MEDICIÓN 24MAY04 (mms)	SEGUNDA MEDICIÓN 23AGO04 (mms)	TERCERA MEDICIÓN 15OCT04 (mms)	CUARTA MEDICIÓN 06NOV04 (mms)
1	1'	23.444	23.449	23.447	23.448
2	2'	15.366	15.38	15.368	15.367
3	3'	16.777	16.789	16.775	16.776
4	4'	7.488	7.484	7.486	7.487
5	5'	38.17	38.184	38.171	38.172
6	6'	25.266	25.283	25.268	25.267
7	7'	47.847	47.852	47.841	47.842
8	8'	51.543	51.54	51.536	51.537
9	9'	73.371	73.376	73.38	73.379
10	10'	81.218	81.216	81.22	81.221
11	11'	83.279	83.281	83.282	83.281

Tabla 4. Mediciones geodésicas realizadas en los puntos de referencia de la Zona de Deslizamiento

PUNTO EXTERIOR	PUNTO INTERIOR	VARIACIÓN ENTRE LA PRIMERA Y SEGUNDA MEDICIONES	VARIACIÓN ENTRE LA PRIMERA Y TERCERA MEDICIONES	VARIACIÓN ENTRE LA PRIMERA Y CUARTA MEDICIONES
		(mms)	(mms)	(mms)
1	1'	5	3	4
2	2'	-6	2	1
3	3'	-8	-2	-1
4	4'	-4	-2	-1
5	5'	-6	1	2
6	6'	8	3	2
7	7'	5	14	15
8	8'	-3	13	14
9	9'	4	9	8
10	10'	-1	1	2
11	11'	2	3	2

Tabla 5. Variaciones obtenidas entre la primera medición, respecto a la segunda, tercera y cuarta mediciones, realizadas en los puntos de referencia de la Zona de Deslizamiento

Como se puede observar en la tabla 5, las variaciones que resultaron entre la primera y segunda mediciones, entre la primera y tercera mediciones y entre la primera y cuarta mediciones, son un reflejo del movimiento relativo que está sufriendo el terreno, el cual se puede apreciar más claramente en los resultados obtenidos en los puntos de control 7-7' y 8-8', que se ubican dentro y en las inmediaciones de la "Escuela Primaria 20 de Noviembre".



Figura 7. Fotografía aérea que muestra la ubicación aproximada de la zona de deslizamiento, dentro de la cabecera municipal de Amatepec. Los círculos grises representan los puntos de monitoreo fijo (punto exterior) y los negros representan los puntos de monitoreo en movimiento (punto interior). La línea punteada en negro más intenso, representa el límite inferido del terreno estable; mientras que la línea menos intensa, representa el límite inferido del terreno inestable y que se encuentra en movimiento (bloque deslizante). La zona asciurada en gris representa un sector del bloque deslizante, que muestra ya un fuerte fracturamiento, lo cual lo hace sumamente inestable y peligroso

Cabe mencionar que en la madrugada del 27 de octubre del 2004, ocurrió el derrumbe de un segmento de terreno, que afectó únicamente el tránsito de vehículos que circulaban por el libramiento a Tlatlaya. Dicho derrumbe, se presentó a escasos 10 metros al sur del sector de terreno que se había reportado como próximo a deslizarse, entre los puntos 11-11' (ver fotografía aérea de la figura 7).

Es posible que éste derrumbe se haya originado debido a la infiltración y saturación del terreno con agua de lluvia por alguna de las fracturas que lo afectaba, así como a su consecuente asentamiento y desplazamiento pendiente abajo por gravedad.

Ésta situación se pudo observar en el sector reportado como próximo a deslizarse (foto 9), específicamente entre los puntos de control y monitoreo 8-8', ya que a consecuencia de éste

Deslizamientos

asentamiento de terreno, parte de la carpeta asfáltica de la Av. Independencia presenta una serie de fracturas (foto 10) con aberturas que varían desde unos 2 mm hasta 3 cm y desplazamientos verticales que llegan a ser de hasta 1 cm (foto 11).



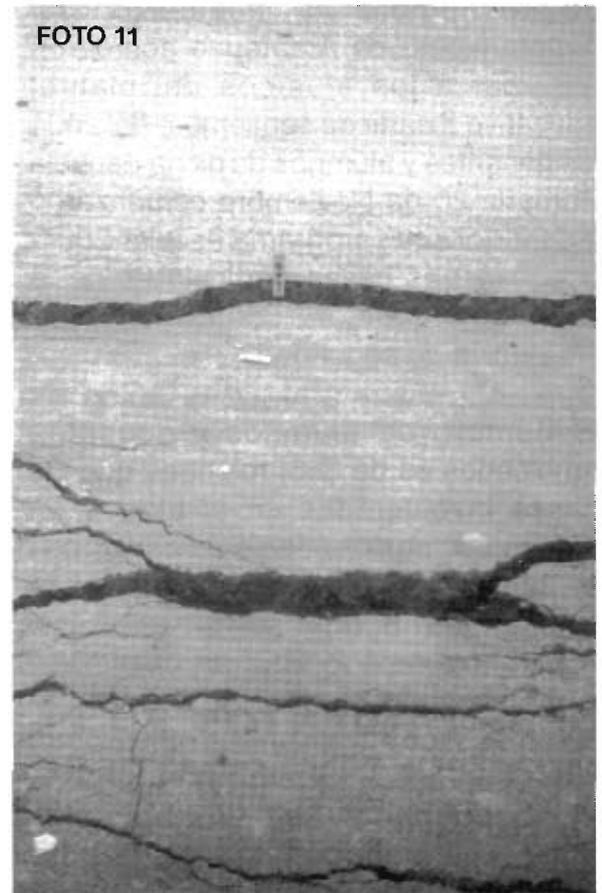
La foto 9, muestra una de las fracturas presentes en el sector de terreno que se ha reportado como próximo a deslizarse. Ésta foto fue tomada viendo hacia el sur



En la imagen 10, se puede observar la ubicación de los puntos de control 8-8', así como el segmento de la carpeta asfáltica de la Av. Independencia que resultó afectado por el asentamiento y desplazamiento pendiente abajo del sector de terreno próximo a deslizarse. La imagen fue tomada viendo hacia el norte

Éstas fracturas se interpretan como consecuencia del movimiento relativo que está sufriendo éste sector del bloque deslizante (ver tabla 4, puntos de control y monitoreo 8-8'). Cabe señalar que el segmento dañado de la carpeta asfáltica, se ubica a escasos 15 metros al poniente de la Escuela Primaria "20 de Noviembre".

A raíz de la problemática anterior, el Ayuntamiento se dio a la tarea de adquirir un terreno en otra zona más estable dentro de la misma cabecera municipal, con la finalidad de construir otro plantel educativo, el cual se encuentra en proceso de construcción por la Secretaría de Educación Cultural y Bienestar Social del Gobierno del Estado y que seguramente iniciará labores en el ciclo escolar 2005-2006.



La fotografía 11, muestra un detalle de las fracturas de la carpeta asfáltica. Dichas fracturas presentan aberturas que varían desde unos 2 mm hasta los 3 cm y desplazamientos verticales que llegan a ser de hasta 1 cm. La foto fue tomada viendo hacia el este

Lo anterior, se decidió luego de una reunión conjunta realizada el 24 de agosto del 2004 entre autoridades de la Secretaría de Educación Pública del Estado, de la Subsecretaría Regional de Gobierno, Docentes de la Esc. Primaria "20 de Noviembre", Asociación de Padres

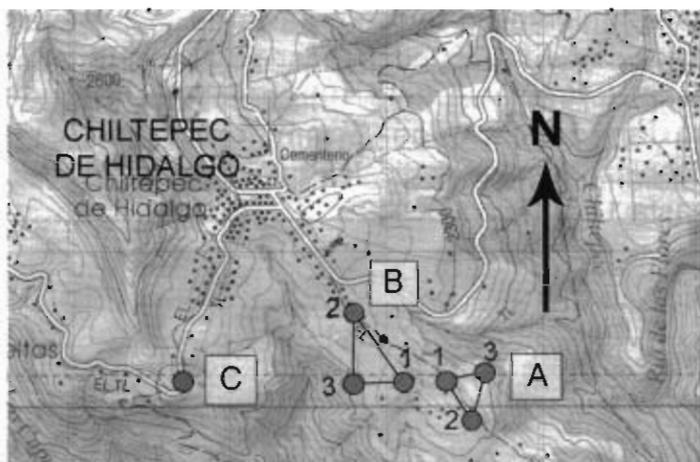
de Familia, Padres de Familia y del Ayuntamiento de Amatepec.

En dicha reunión se acordó determinar los sitios alternos donde los niños podrían iniciar las clases correspondientes al ciclo escolar 2004-2005, ya que desde el 2 de junio del 2004 tanto las autoridades de la Secretaría de Educación Cultura y Bienestar Social del Gobierno del Estado, como Docentes de la Esc. Primaria "20 de Noviembre" y miembros del Ayuntamiento de Amatepec acordaron reubicar a los alumnos del plantel educativo a partir de septiembre del 2004 los docentes y alumnos de dicha Escuela Primaria 20 de Noviembre comenzaron a desarrollar su programa escolar 2004-2005 en tres casas particulares de la misma población, como medida preventiva de seguridad.

El número de alumnos y docentes reubicados es de 355, mientras que las casas involucradas en el bloque en proceso de deslizamiento es de 32, con un total de 125 vecinos que aún habitan en él.

DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO DE COATEPEC HARINAS

Dentro de éste municipio, existe un alto porcentaje de su territorio que está conformado por cerros y lomas con altas pendientes hacia la parte sur del volcán Xinantécatl, cuya precipitación media anual es de 1,120 mm, lo que hace que éste tipo de problemas se presenten sobre todo en zonas donde el hombre ha intervenido mediante la realización de cortes de ladera para la construcción de viviendas, caminos vecinales y carreteras .



Plano 2. Mapa de ubicación de las localidades A, B y C dentro del municipio de Coatepec Harinas, con problemas de deslizamiento

Debe señalarse que además de las localidades estudiadas, posiblemente existan otros puntos con problemas similares.

Dentro de ésta jurisdicción municipal (Plano 2) existen tres localidades (A, B y C), que son las que presentan mayor riesgo y que por tanto han sido analizadas por los impactos que pueden significar para los vecinos asentados en las proximidades de las mismas. Estas son como sigue:

Localidad 1 (PUNTO A). Deslizamiento en La Laguna 1, Chiltepec de Hidalgo.

Antecedentes

En éste punto, el fenómeno que se presenta corresponde a un deslizamiento que comenzó aproximadamente en el año de 1992, con una caída inicial del bloque de unos 10 metros.

Descripción del problema

El sitio se encuentra a 2 km en dirección al SE de Chiltepec de Hidalgo (ver mapa de localización en el Plano 2). Las coordenadas de tres puntos extremos de la zona de deslizamiento son los vértices que aparecen abajo, cada uno los cuales se marcan en el plano de ubicación y que unidos entre sí forman el triángulo que lleva la letra A.

Deslizamientos

Vértice 1: Latitud 18° 54.116' N, Longitud 99° 49.354' W, Altitud 2,352 msnm
Vértice 2: Latitud 18° 54.017' N, Longitud 99° 49.255' W, Altitud 2,339 msnm
Vértice 3: Latitud 18° 54.136' N, Longitud 99° 49.237' W, Altitud 2,324 msnm

Los vértices 1 y 2 determinan el lugar donde inicia el deslizamiento, además de dar el rumbo estimado de la fractura de unos N45°W.



Foto 12. Aquí se observa el bloque que ha caído ya unos 30 metros en un periodo de 10 años. Inicialmente el nivel del bloque inferior estaba a la misma altura del borde donde se encuentra una de las dos casas, ya abandonadas (la otra está fuera de foto a la derecha)

La caída inicial del bloque fue de unos 10 metros hace más de 10 años (en 1992) y a la fecha tiene ya unos 30 metros como se observa en la foto 12, que corresponde a la fractura principal de la corona del bloque deslizante (escarpe principal). Esto, nos da una indicación de que la tasa de movimiento es de unos 3 metros por año, que es muy alta e indicativa que el fenómeno se va a seguir manifestando en los próximos años.

El área del problema es casi triangular, con una dirección de deslizamiento de N45°E aproximadamente, una longitud en su parte superior de unos 600 metros (vértices 1 y 2) y unos 500 metros hacia el vértice 3 que es hacia donde se desplaza el material en dirección a un arroyo como se ve en la foto 13.

En éste terreno de ladera, antes de ocurrir el fenómeno existían 4 casas, una de tabique y otra de adobe, que se destruyeron y desaparecieron durante el proceso de deslizamiento y solo quedan dos que fueron abandonadas, las cuales se encuentran en la parte superior del límite de fracturamiento del bloque deslizante.



Foto 13. Aquí se observa el material producto del deslizamiento, cuyo dren es pendiente abajo hacia un arroyo

Debido al desplazamiento del terreno de ladera, se han generado fracturas perpendiculares a la dirección del movimiento en toda el área, por donde penetra el agua de lluvia juntamente con el sedimento fino arcilloso que sirve como lubricante en el plano de deslizamiento, provocando la transformación de la energía potencial del material en energía cinética que le da movimiento a todo el bloque deslizante, el cual no se detendrá hasta reducir al máximo su energía potencial; en otras palabras, el agua lubrica el material arcilloso en el plano de deslizamiento, provocando una aceleración en el movimiento de grandes cantidades de material que se están desplazando por gravedad en dirección del arroyo.

Localidad 2 (PUNTO B). Deslizamiento en La Laguna 2, Chiltepec de Hidalgo.

Antecedentes

Éste deslizamiento se inició aproximadamente en 1987, cuya dirección preponderante es hacia el arroyo Chiltepec, que aguas abajo se convierte en el río Carrizal.



Foto 14. Bloque de terreno en proceso de deslizamiento hacia la parte izquierda, donde se encuentra el arroyo Chiltepec. Al fondo se ve la población de Chiltepec de Hidalgo

Descripción del problema

La zona de La Laguna 2 (ver mapa de ubicación en el Plano 2) tiene un problema similar al de La Laguna 1, por lo que todas las características son muy semejantes, aunque hay dos diferencias notables: que el bloque solo ha caído unos 3 metros en su parte alta y que el terreno no se encuentra tan destruido, por lo que aún se puede seguir utilizando para cultivo (ver foto 14).

En éste bloque, anteriormente existieron 5 casas cuyos moradores las abandonaron antes de ser destruidas por el movimiento del terreno y actualmente, los vecinos del lugar tienen temor de que algo mayor pueda suceder, debido a que el movimiento continúa.

Aunque la litología es muy similar en éste lugar, se encontraron limos y micas (biotita) además de la arcilla que es el material predominante.

Ésta área pertenece a la comunidad de Chiltepec de Hidalgo y se encuentra a 1.5 km en dirección al SE de dicha comunidad.

Las coordenadas geográficas de tres puntos cercanos a los límites del deslizamiento, forman el triángulo B como se ve en el mapa de ubicación anterior y que son:

Vértice 1: Latitud 18° 54.139' N, Longitud 99° 49.525' W, Altitud 2,370 msnm

Vértice 2: Latitud 18° 54.406' N, Longitud 99° 49.742' W, Altitud 2,375 msnm

Vértice 3: Latitud 18° 54.172' N, Longitud 99° 49.736' W, Altitud 2,313 msnm

La dirección de deslizamiento es de S45°W aproximadamente, observando que va en dirección al arroyo Chiltepec (foto 15).

La longitud de la fractura, delimitada por los puntos 1 y 2 (fuera de escala) es de unos 550 metros aproximadamente y el deslizamiento pendiente abajo del material se estimó en unos 700 metros (perpendicular hacia el punto 3).



Foto 15. Material encauzado hacia el arroyo Chiltepec, producto del bloque de deslizamiento de La Laguna 2. Obsérvese la destrucción del terreno, como en el de La Laguna 1

Deslizamientos

Localidad 3. (PUNTO C). Deslizamiento en un tramo de la carretera Chiltepec de Hidalgo-Las Vueltas, Chiltepec de Hidalgo

Antecedentes

En ésta zona ocurrió un deslizamiento a fines de octubre del 2001, que ocasionó la destrucción de un tramo carretero de 65 metros (foto 16). La dirección estimada del deslizamiento es de S80°E y según los lugareños, informaron que éste problema empezó a manifestarse desde 1995 aproximadamente.



Foto 16. Tramo de carretera reparado, después del deslizamiento de ladera hacia la parte derecha de la foto. Nótese la inclinación del pino grande de la derecha

Descripción del problema

Éste punto se ubica a un lado de la carretera Chiltepec-Las Vueltas, a una distancia de 1 km al sur de Chiltepec de Hidalgo y cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: Latitud 18° 54.138'N, Longitud 99° 50.312'W y Altitud 2,425 msnm

La litología está compuesta predominantemente de aglomerados y arcilla con horizontes de material redondeado de tamaño medio a pequeño (diámetro de 3 a 15 cm).



Foto 17. Terreno y árboles desplazados por el bloque en proceso de deslizamiento, desde finales de octubre del 2001

Siguiendo en campo la dirección del deslizamiento, se pudo observar que a unos 70 metros, pendiente abajo de la carretera, existe claramente el terreno semidestruido y algunos pinos inclinados (foto 17) al ser arrastrados conjuntamente con el bloque deslizante.

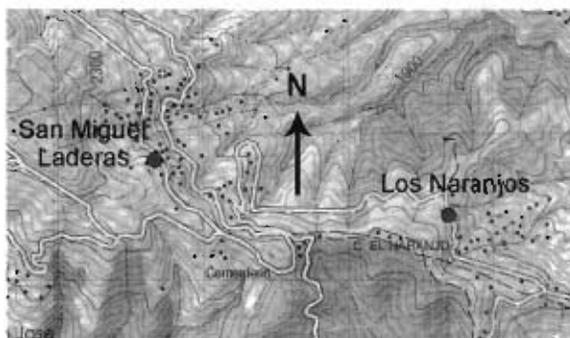
DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO DE IXTAPAN DE LA SAL

Dentro de éste territorio municipal (ver mapa del Plano 3), se han realizado los trabajos de campo, tendientes a evaluar y determinar las causas de los problemas existentes en cada sitio y dar algunas recomendaciones tendientes a mitigar en lo posible el riesgo que representa para los pobladores asentados en y cerca de estas zonas de riesgo.

Las características geológicas de éste territorio municipal, son similares al del municipio de Coatepec Harinas, ya que también se ubica al sur-sureste del volcán Xinantécatl o Nevado de Toluca, por lo que existen depósitos de material de caída (ceniza, pómez y fragmentos líticos) expulsados durante distintas etapas eruptivas del volcán, encima de los cuales existe una capa de aluvi6n y materia

orgánica, producto de la vegetación que se ha desarrollado sobre todo en los últimos 10,000 años.

Así mismo, se hallan estratos de arcilla y lutitas metamorizadas en algunas zonas, las cuales se encuentran altamente fracturadas y que debido al proceso de intemperismo y altas pendientes por los plegamientos existentes, hacen que el riesgo sea mayor, sobre todo donde el hombre ha realizado cortes prácticamente verticales, con la finalidad de construir caminos y carreteras de todo tipo.



Plano 3. Mapa de ubicación de las localidades de San Miguel Laderas y Los Naranjos, con ocurrencia de deslizamientos, dentro del municipio de Ixtapan de La Sal

En ésta zona la precipitación media anual es de 985 mm, menor que la de Coatepec Harinas; sin embargo el alto fracturamiento, tipo de roca y forma del terreno han propiciado éste tipo de problemas.

Así, se tienen estudios de evaluación por éste fenómeno en las siguientes localidades:

Localidad de San Miguel Laderas

Se halla aproximadamente a 4.75 km al noroeste de la cabecera municipal de Ixtapan de La Sal y su situación geográfica es: Latitud 18° 52.925'N, Longitud 99° 41.812'W y Altitud 2,220 msnm.

Antecedentes

El deslizamiento, se encuentra en la comunidad de San Miguel Laderas (ver mapa de ubicación en el Plano 3), municipio de Ixtapan de La Sal, debido principalmente al corte de ladera, practicado para la construcción de la carretera (foto 18) en ésta localidad, que provocó el debilitamiento y desestabilización del terreno.



Foto 18. Tramo carretero de 47.5 m, que abarca la base del bloque deslizante. Obsérvese a la izquierda los constantes derrumbes por el avance del terreno hacia la carretera

Se señala que éste problema es reciente, ya que se ha manifestado a partir del año 2000 y que el proceso se acelera sobre todo en la temporada de lluvias, como lo atestiguan los moradores de una casa contigua a ésta zona .

Descripción del problema

El fenómeno de deslizamiento que se presenta en ésta localidad, es un proceso dinámico y paulatino, el cual se debe principalmente a tres factores:

- a) El corte casi vertical que se hizo para la construcción de la carretera.

Deslizamientos

- b) El echado o pendiente de unos 40° de las capas de material de origen sedimentario (lutitas), las cuales tienen un alto grado de fracturamiento y fragmentación que provocan el fácil desplazamiento de la masa de terreno pendiente abajo y
- c) El plano de deslizamiento conformado por material lutítico, que aunado a la filtración de agua de lluvia y al material fino arrastrado por la misma hacia las distintas zonas de fractura del bloque deslizante (foto 19), hacen que el proceso se acelere sobre todo en la época de lluvias, como lo han atestado las personas que viven en esta zona de alto riesgo.



Foto 19. Aquí se observa la zona de fracturamiento (escarpe principal) en la parte alta del bloque (corona) en proceso de deslizamiento en San Miguel Laderas. Por éste escarpe y fracturas asociadas se filtra el agua de lluvia, provocando una "tasa" mayor de deslizamiento, sobre todo durante el verano

El tramo de terreno que está afectado, medido a lo largo de la carretera es de 47.5 metros, en cuya parte superior la corona o zona de desconchamiento tiene un desplazamiento horizontal máximo de 1.4 m y un desplazamiento vertical (escarpe principal) máximo de 1.2 m, como se puede apreciar en la fotografía 20.

Debe señalarse que en el costado derecho del bloque deslizante existe una casa habitada, la cual puede ser afectada en la medida que el tramo de terreno avance pendiente abajo, sobre todo durante la temporada de lluvias.



Foto 20. Aquí se observa cuánto se ha deslizado verticalmente el bloque de terreno en su parte superior. La persona de la derecha vive a unos cuantos metros del límite de la zona de fracturamiento

Localidad de Los Naranjos

Se halla aproximadamente a 3.9 km al noreste de la cabecera municipal de Ixtapan de La Sal y su situación geográfica se encuentra en: Latitud $18^\circ 52.767'N$, Longitud $99^\circ 40.616'W$ y Altitud 2,070 msnm.

Antecedentes

Éste sitio, se encuentra también dentro de la jurisdicción del Municipio de Ixtapan de La Sal (ver mapa de localización en el Plano 3) y el problema que se presenta también es un deslizamiento del terreno debido al corte de ladera efectuado en el camino de terracería que va hacia Los Naranjos. Afortunadamente, en éste sitio no existen casas.

Descripción del problema

La masa de material que se está desplazando se encuentra a un lado del camino de terracería que va hacia Los Naranjos y tiene algunas similitudes con el caso anterior, solo que a escala mayor.



Foto 21. Zona de desconchamiento en forma de herradura, en el deslizamiento dentro de la jurisdicción de la comunidad Los Naranjos



Foto 22. Medición de los desplazamientos horizontales y verticales en la corona del bloque deslizante

Aquí, la zona de fracturamiento en la corona o zona de desconchamiento tiene forma de herradura (foto 21), donde existen desplazamientos horizontales de hasta 6 metros y verticales de 2.58 metros, lo que da una idea de lo que ha migrado ésta masa de terreno pendiente abajo, como se ve en la fotografía 22 en un período de 2 años a lo sumo (entre 2001 y 2002).

DESLIZAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE TENANCINGO

Éste municipio como los anteriores, tiene mucha similitud en cuanto al tipo de terreno y geología, debido a que es muy accidentado, por lo que ha permitido

ejemplificar el caso de afectación de un tramo carretero (foto 23), debido también al corte realizado durante la construcción del mismo y a otros factores adicionales que más adelante se señalan.



Foto 23. Tramo carretero, afectado por el deslizamiento ocurrido el 4 de noviembre del 2002, a la altura del km 39.5 de la Carretera Federal No. 55 que comunica a Tenancingo con Tenango del Valle

Localidad 1: Zona de Deslizamiento en Terrenos de Cultivo Pertenecientes al Ejido de San Martín Coapaxtongo

Antecedentes

La zona donde ocurrió el deslizamiento (ver mapa de ubicación en el Plano 4), se encuentra al noreste de la cabecera municipal de Tenancingo, a la altura del km 39.5 de la Carretera Federal No. 55, que comunica a ésta misma cabecera con Tenango del Valle.

Dicha zona, está conformada por depósitos aluviales y algunos afloramientos de basalto; sin embargo el problema que se suscitó el 4 de noviembre del 2002, se debió por un lado a la lluvia pertinaz ocurrida 3 días antes del evento con la consecuente saturación del terreno arcilloso, a la deforestación y mal uso para agricultura del terreno de una parte de la ladera que buza hacia el tramo carretero arriba mencionado.



Plano 4. Mapa de ubicación de la localidad de San Martín Coapaxtongo, municipio de Tenancingo, donde se presentó el fenómeno de deslizamiento, el 4 de noviembre del 2002

Debe señalarse que la precipitación media anual en la zona es de 1,205 mm, lo hace que el terreno pueda saturarse y deslizarse pendiente abajo, sobre todo en las pendientes de ladera donde se han practicado cortes, como es el presente caso del tramo carretero, cuya localización es: Latitud: 19° 00' 04.0" N; Longitud: 99° 34' 12.9" W y Altitud: 2,380 msnm

Trabajo de campo

Durante trabajo de campo, se observó que el terreno de ésta loma fue desmontado por los dueños para ser utilizado como terreno de cultivo. Es precisamente ésta situación la que dio lugar a la inestabilidad de la ladera, ya que al no existir una cubierta vegetal (árboles, arbustos y pasto), que "amarrara" al terreno, era de esperarse que durante las lluvias el terreno se fracturara y saturara de agua (foto 24), lo cual originó que el terreno se deslizará pendiente abajo, produciendo derrumbes de material en ésta zona, luego de la ocurrencia de tres días de llovizna pertinaz. Aunado a esto, también intervino el factor de debilidad de la ladera, al ser realizado el corte en el tramo carretero mencionado y cuya pendiente general es de unos 60°.

Por otra parte, se menciona que actualmente (febrero del 2005) se están realizando por parte de la SCT trabajos de ampliación a un tercer carril

en éste trayecto de la Carretera Federal No. 55, por lo que ésta dependencia debe considerar el riesgo que representa la zona donde ya ocurrió el deslizamiento. Así mismo, se señala que aproximadamente a 50 metros arriba del nivel de la carretera federal, existe el paso de un tubo para agua potable, perteneciente a la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM), que de romperse por un nuevo deslizamiento afectaría a cientos de pobladores.



Foto 24. Deslizamiento de material, ocurrido en una ladera de los terrenos de cultivo del ejido de San Martín Coapaxtongo. Nótese la saturación del terreno por agua de lluvia

RECOMENDACIONES GENERALES DE PREVENCIÓN DE RIESGOS, PARA ZONAS CON PROBLEMAS DE DESLIZAMIENTO

1. En los casos donde exista población e infraestructura susceptible de ser dañada, debe notificarse por escrito a los moradores de no construir ni añadir más plantas a sus casas, debido al alto riesgo y peligro en que se encuentran, ya que el movimiento

- del terreno pendiente abajo es lento e irreversible y llegará el momento en que sus casas y pertenencias se dañen.
2. Es importante que los Ayuntamientos concienticen a la población del riesgo que existe y de ésta manera protegerla y evitar la pérdida de mayores recursos materiales.
 3. Así mismo, que las autoridades municipales efectúen un censo de las casas y habitantes que se encuentran dentro de zonas en proceso de deslizamiento y en los límites de las mismas, con la finalidad de elaborar Planes de Emergencia para estos casos particulares de riesgo.
 4. Reubicar a las familias que se encuentran asentadas principalmente dentro del bloque deslizante.
 5. En caso de existir planteles escolares como el de la Escuela Primaria "20 de Noviembre" en Amatepec, reubicarlos con la finalidad de salvaguardar la integridad física de alumnos y profesores.
 6. En general, no permitir asentamientos humanos en por lo menos 100 metros en la periferia de zonas de deslizamiento.
 7. Monitorear y vigilar al menos visualmente el desplazamiento del terreno cada quince días, sobre todo en temporadas de lluvias.
 8. De ser posible, revisar continuamente la zona superior de los bloques en movimiento, realizando mediciones en los desplazamientos horizontal y vertical de las fracturas.
 9. Rellenar con el mismo material de la zona, las fracturas en la corona o zona de desconchamiento, a fin de evitar que el agua y sedimento fino se filtre y penetre hasta el plano de deslizamiento, provocando que el proceso se acelere, debido a que ésta mezcla le sirve como lubricante.
 10. Construir canaletas en la parte superior de las zonas de desconchamiento, a fin de que el agua no llegue a las áreas de fracturas. Ésta agua puede canalizarse por terrenos firmes, fuera de las zonas de deslizamiento.
 11. Para los casos como el de San Miguel Laderas, es recomendable construir muros de contención de concreto reforzado y mampostería a lo largo de toda la base de la zona de deslizamiento, a fin de detener en lo posible el grado de avance del volumen de material térreo. Éste muro debe ser calculado para soportar el volumen de material, además de implementar drenes suficientes en toda su superficie, para que el agua pueda salir con facilidad hacia una canaleta en terreno firme.
 12. Vigilar los cortes de caminos y carreteras, sobre todo cerca de donde se presentan bloques en proceso de deslizamiento, ya que pueden ocurrir colapsos a medida que el terreno avanza pendiente abajo.
 13. Vigilar que no se realice ningún tipo de construcción cerca de zonas de deslizamiento, ni mucho menos en las partes inferiores a las mismas, debido a que cuando la masa térrea se colapsa, el

material puede llegar a varios cientos de metros pendiente abajo, arrasando inclusive cultivos y bosque, debido a que las pendientes del terreno llegan a tener hasta unos 70° aproximadamente, como en el caso de Los Naranjos, dentro del municipio de Ixtapan de La Sal.

deslizamiento es la ocurrencia de un sismo en la temporada de lluvias, sobre todo hacia la parte sur del Estado de México, como es el caso de Amatepec, debido a su cercanía con el Estado de Guerrero.

14. No tratar de utilizar éste tipo de terrenos o laderas para agricultura, debido a que se encuentran en constante proceso de movimiento y destrucción.
15. Para el caso de carreteras donde los deslizamientos son latentes, colocar señalamientos, los cuales deben incluir la leyenda "**PRECAUCIÓN, ZONA DE POSIBLE DESLIZAMIENTO DEL TERRENO**", así como la pinta de líneas amarillas de aproximadamente un metro de grosor con una longitud de todo el ancho de la cinta asfáltica, las cuales se intercalarán con segmentos sin pintar del mismo grosor. Estos señalamientos de aviso de peligro por deslizamiento deberán colocarse en ambos sentidos de las carreteras, al menos en tramos de 150 metros antes y después de la "zona problema", a fin de que las personas que transitan por aquí tomen las precauciones necesarias sobre todo en época de lluvias.
16. Si se trata de caminos de terracería, además de colocar los señalamientos con la leyenda "**PRECAUCIÓN, ZONA DE POSIBLE DESLIZAMIENTO DEL TERRENO**", de ser posible se debe recomendar a los conductores de la zona no transitar con vehículos en estos tramos cuando esté lloviendo, debido a que el deslizamiento se puede disparar bruscamente ante una lluvia torrencial.
17. Debe recordarse que otro factor adicional que puede acelerar el proceso de
18. Realizar campañas de información y concientización por éste fenómeno, en las poblaciones cercanas a las zonas donde ocurren los deslizamientos; además de informar a los conductores que transitan por estos caminos y carreteras.
19. Donde el peligro sea mayor como en el caso de Amatepec, realizar mediciones periódicas con nivel de precisión, al menos cada mes (dependiendo de la "tasa" de movimiento), localizando bancos de nivel tanto dentro del terreno en proceso de movimiento como en terreno firme, con la finalidad de realizar dichas mediciones y poder seguir éste proceso dinámico del terreno.
20. Como medida adicional en todos los casos de deslizamiento, se recomienda que las autoridades de los municipios incluidos en este estudio, realicen campañas de reforestación en estas zonas, procurando sembrar pastos, bambú de rápido crecimiento y poca altura, arbustos, matorrales y árboles propios de la región, a fin de restaurar la estabilidad de las laderas (amarre del terreno), lo cual podrá conseguirse en poco tiempo.

CONCLUSIONES

Del presente trabajo, se puede concluir que la experiencia y conocimiento adquiridos de los casos aquí tratados ha sido muy importante, tanto por sus variantes técnicas como por sus características geológicas, geomorfológicas y de mecanismos de disparo, ya que si bien éste fenómeno es muy peligroso, sobre todo si se presenta en zonas pobladas, entonces representará una problemática seria y difícil tanto para las personas directamente afectadas, como para las autoridades locales, estatales o federales, ya que esto implica la erogación de recursos e implementación de políticas destinadas a la salvaguarda de vidas, bienes y el entorno.

Debe señalarse que las técnicas utilizadas por los especialistas del Instituto de Protección Civil del Estado de México para el conocimiento, definición y evaluación de éste tipo de riesgo no son las suficientes actualmente, ya que si bien se hace uso de la geología, geofísica, geodesia y magnetometría, hace falta la aplicación de la sismología de refracción y de resistividad principalmente, a fin de conocer los planos de deslizamiento y las características de los mismos, además de otras herramientas como pruebas de laboratorio de muestras de suelo y roca de cada uno de éstos sitios, por lo que está abierto el campo para una investigación más amplia por otros investigadores que se interesen por ésta problemática.

También, debe mencionarse que en éste campo se ha hecho muy poco en nuestro país, ya que si hacemos una retrospectiva rápida, veremos que en cada temporada de lluvias, se disparan un sinnúmero de deslizamientos sobre todo en las entidades que se encuentran principalmente a lo largo de las Sierras Madre Occidental, Madre Oriental, Madre del Sur y Eje Neovolcánico Transmexicano.

BIBLIOGRAFÍA

Hiroiyuki Nakamura, 1997. Chapter 7: Mechanism of Landslide. Volcanology and volcanic sabo engineering. Textbook for the group training course. Vol. 3 Japan International Cooperation Agency. Pp. 3.7-1, 3.7-18.

Hiroiyuki Nakamura, 1997. Chapter 9: Survey and observation of landslide and slope failure. Volcanology and volcanic sabo engineering. Textbook for the group training course. Vol. 3 Japan International Cooperation Agency. Pp. 3.9-1, 3.9-54.

Reconocimiento de una zona de deslizamiento en la cabecera municipal de Amatepec, México. 2 de mayo del 2002. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 1 pág.

Reporte de la visita técnica efectuada el 22 de junio del 2002 a las comunidades de Tecomatepec, San Antonio Laderas y El Naranjo, municipio de Ixtapan de La Sal, Estado de México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 9 pp.

Informe técnico de campo de los trabajos realizados en zonas con problemas de colapso y deslizamiento en el municipio de Coatepec Harinas, México. 3 de Julio del 2002. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 13 pp.

Reporte de la visita técnica de trabajo de campo efectuada el 09 de septiembre del 2002, a la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 5 pp.

Reporte de la visita técnica de trabajo de campo efectuada el 17 de octubre del 2002, a la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 5 pp.

Reporte de la visita técnica de campo efectuada el 16 de diciembre del 2002, a la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 7 pp.

Reporte de la visita técnica de campo, efectuada el 19 de marzo del 2003 a la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 7 pp.

Reporte de la visita técnica de campo, efectuada el 14 de mayo del 2003 a la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 6 pp.

Reporte de la reunión de trabajo con autoridades estatales, municipales y vecinos que se asientan en el bloque de deslizamiento e inspección de campo, efectuados el



31 de julio del 2003, al municipio de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 7 pp.

Reporte de los trabajos de campo efectuados durante los días del 20 al 24 de octubre del 2003, en la zona de deslizamiento, ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 5 pp.

Reporte de los trabajos de campo efectuados del 8 al 12 de marzo del 2004, en la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 6 pp.

Reporte de los trabajos de campo efectuados durante los días del 24 al 28 de mayo del 2004, en la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 5 pp.

Reporte de los trabajos de campo efectuados durante los días del 23 al 27 de agosto del 2004, en la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 4 pp.

Reporte de los trabajos de campo efectuados durante los días del 11 al 15 de octubre del 2004, en la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 5 pp.

Reporte de los trabajos de campo efectuados durante los días del 6 al 10 de diciembre del 2004, en la zona de deslizamiento ubicada en la cabecera municipal de Amatepec, México. Reporte Interno. Instituto de Protección Civil del Estado de México. 4 pp.

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

Créditos

El material presentado en ésta obra, que terminó de editarse en el mes de mayo del año 2005, proviene de la documentación que el Instituto de Protección Civil del Estado de México ha reunido sobre ésta materia y la investigación fue realizada por el Geofísico Esteban Ramos Jiménez y José Luis Segura Rojas.

La dirección editorial estuvo a cargo del Arq. Miguel Ángel Cruz Guerrero, Director General del Instituto de Protección Civil y la Producción fue hecha por Israel Domínguez Jaimes.

A:202/2/004/05-1



Instituto de Protección Civil del Estado de México

Oficinas en Toluca:

Urawa No. 100

Oficina 119, Col. Izcalli IPIEM. C.P. 50150

Tels. (01722) 280-63-92, Fax (01722) 280-63-94.

Oficinas en Tecámac:

**Km 37 de la Carretera Federal México-Pachuca,
Col. Hueyotenco, C.P. 55740**

Tels. (0155) 59-36-42-66, Fax (0155) 59-36-42-63