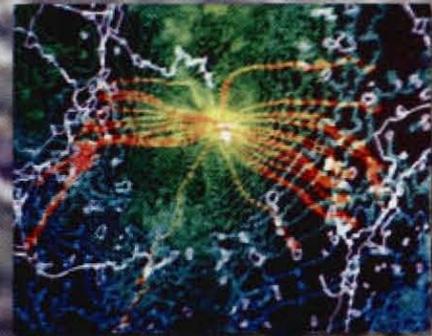


# Instituto de Protección Civil del Estado de México

## Cuaderno de Investigación

1



## Riesgos por Flujos de Lodo Hacia el sector Poniente del Volcán Popocatepetl, en el Estado de México



Gobierno del Estado de México



Instituto de  
Protección Civil

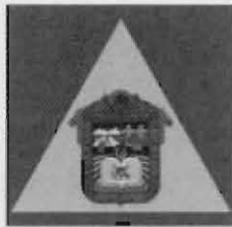


AVANZA

*Riesgos por Flujos de Lodo Hacia  
el Sector Poniente del Volcán  
Popocatepetl, en el Estado de México*



**GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO**



**INSTITUTO DE  
PROTECCIÓN CIVIL**



**AVANZA**

Instituto de Protección Civil  
del Estado de México

Cuaderno de Investigación 1

# ***Riesgos por Flujos de Lodo Hacia el Sector Poniente del Volcán Popocatepetl, en el Estado de México***

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

Ing. Manuel Cadena Morales,  
Secretario General de Gobierno.

Arg. Miguel Ángel  
Director General del Instituto

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

**Cuaderno de Investigación 1**

## **Directorio**

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

**Ing. Manuel Cadena Morales,**  
Secretario General de Gobierno.

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

**CONTENIDO**

PRESENTACIÓN ..... 7

INTRODUCCIÓN ..... 9

Antecedentes ..... 10

Objetivos ..... 11

Análisis de Escenarios de Flujos ..... 12

Recomendaciones por la Microzonificación  
por Riesgo de Flujos de Lodo ..... 14

Análisis por Riesgo de Flujos de Lodo ..... 15

San Juan Tehuixtlán ..... 15

Popo Park ..... 16

Ozumba de Alzate..... 17

San Vicente Chimalhuacán ..... 18

Nepantla de Sor Juana Inés ..... 19

Microzonificación de Riesgo por Posibles  
flujos de Lodo en San Andrés Tlalámac ..... 20

San Andrés Tlalámac ..... 21

Créditos ..... 22



## **PRESENTACIÓN**

El Instituto de Protección Civil del Estado de México realiza estudios sobre los posibles efectos que los impactos de los fenómenos naturales causen en el territorio del Estado de México, así como sobre las técnicas y las medidas que conduzcan a su prevención y mitigación.

Da seguimiento y apoyo al monitoreo del volcán Popocatepetl que desarrollan el Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED y el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En la primera etapa de sus actividades ha enfocado los estudios a la problemática de los diferentes riesgos geológicos (vulcanismo, sismos, agrietamientos, hundimientos, deslizamientos); a los hidrometeorológicos (inundaciones, sequías, erosión); y a los químicos (incendios, explosiones, fugas y contaminación por desechos tóxicos).

Los resultados de dichos estudios se presentan en reportes técnicos que se dirigen a las autoridades del municipio correspondiente y a los funcionarios de las dependencias y entidades de los niveles federal y estatal competentes.

El Instituto de Protección Civil, adicionalmente a esos reportes técnicos inicia con esta serie de cuadernos de investigación, la publicación más formal de aquellos estudios que se consideran de interés general entre la comunidad para fomentar su difusión.

Este primer cuaderno trata sobre los riesgos de flujos de lodo que se pudieran presentar en el volcán Popocatepetl, con la intención de aportar información sobre sus características, para la toma de medidas adecuadas de protección a la población vulnerable.



**INSTITUTO DE  
PROTECCIÓN CIVIL**



## INTRODUCCIÓN

El riesgo por flujos de lodo en las poblaciones asentadas en la periferia del Popocatepetl, siempre ha existido, como lo atestiguan los depósitos de las partes noreste en el Estado de Puebla y noroeste en el Estado de México.

El material de estos depósitos, es producto de flujos generados en etapas eruptivas del pasado, uno de los cuales ha sido datado de hace 1,100 años en la parte noreste en el Estado de Puebla y que seguramente también debe concordar con el existente hacia el Estado de México, en las partes altas de San Juan Tehuixtitlán y de San Andrés Tlalámac.

La parte más importante del presente estudio, es señalar las trayectorias de mayor riesgo hacia este sector del volcán, debido a la existencia de una parte del glaciar en el costado noroeste del cono volcánico, que podría generar una cantidad brusca e inusual de agua de fusión, en caso de presentarse una erupción moderada similar a la del 18-19 de diciembre del 2000, pero con caída continua de material de alta temperatura sobre el hielo y nieve del glaciar.

Debe mencionarse que también puede presentarse este mismo fenómeno ante la caída de lluvias extraordinarias en este mismo sector del volcán, en la zona intermedia del bosque.

El cuaderno incluye el análisis de escenarios de riesgo; las recomendaciones por la microzonificación por los riesgos de flujos de lodo y el análisis por riesgos de flujos de lodo.

También incluye el análisis y las recomendaciones de prevención y mitigación de riesgo para las localidades asentadas a lo largo de las trayectorias que se originan en el sector noroeste del volcán Popocatepetl, que son:

San Juan Tehuixtitlán, Popo Park, Ozumba de Alzate, San Vicente Chimalhuacán, Nepantla de Sor Juana Inés de la Cruz y San Andrés Tlalámac.

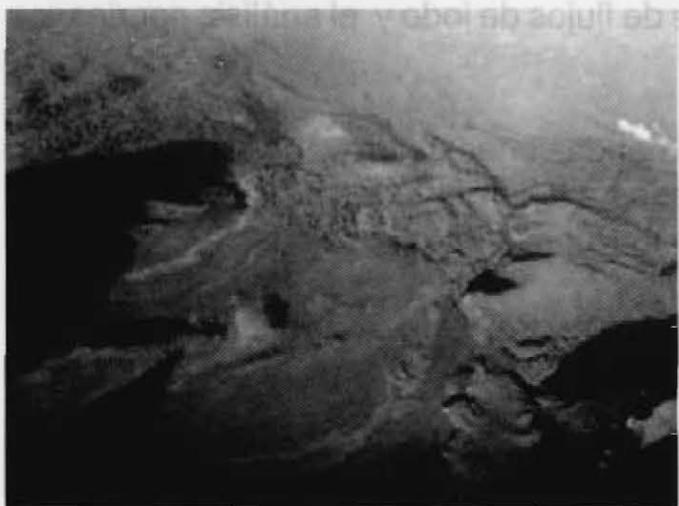
## Antecedentes

El riesgo por flujos de lodo en las poblaciones asentadas en la periferia del Popocatepetl, siempre ha existido, como lo atestiguan los depósitos de las partes noreste en el Estado de Puebla y noroeste en el Estado de México.

El material de estos depósitos, es producto de flujos generados en etapas eruptivas del pasado, uno de los cuales ha sido datado de hace 1,100 años en la parte noreste en el Estado de Puebla y que seguramente también debe concordar con el existente hacia el



**Fotografía 1.** Vista parcial del glaciar noroeste del Popocatepetl, cuyo drenaje natural es hacia la parte poniente en el Estado de México y donde han ocurrido flujos de lodo como el que se muestra del 30 de junio de 1997



**Fotografía 2.** Vista parcial del flujo ocurrido el 30 de junio de 1997. La barranca de Amalacaxco se encuentra a la derecha de la colina que se ve en primera instancia y la de Yancuecole es la que esta a la izquierda de la misma

Estado de México, en las partes altas de San Juan Tehuixtltlán y de San Andrés Tlalámac.

Lo anterior se deduce a partir de los pequeños flujos que se dispararon con los eventos ocurridos el 30 de junio de 1997 (ver las fotografías 1 y 2), el 24 de mayo del año 2000 (ver la fotografía 3) y el 22 de enero del año 2001 principalmente, ya que en estas ocasiones se dieron tanto al Estado de Puebla como al Estado de México y que pudieron ser detectados y corroborados con trabajo llevado a cabo en campo.



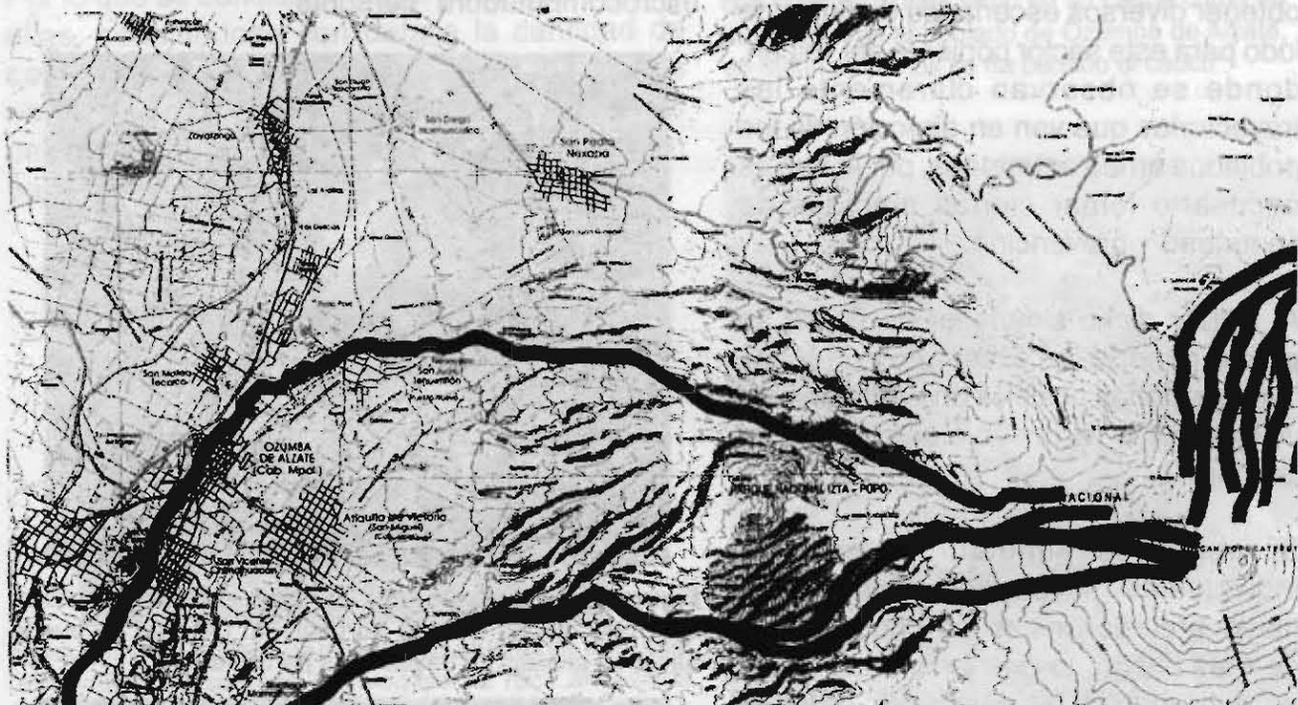
**Fotografía 3.** Vista donde se observa el depósito de lahar casi a la entrada de la barranca Yancuecole en el Estado de México. Este avance ocurrió el 24 de mayo del 2000 y las flechas muestran la ubicación de las barrancas de Yancuecole y la de Amalacaxco desde la perspectiva que se presenta

## Flujos de Lodo

### Objetivos

La parte más importante del presente estudio, es señalar las trayectorias de mayor riesgo hacia este sector del volcán, debido a la existencia de una parte del glaciar en el costado noroeste del cono volcánico, que podría generar una cantidad brusca e inusual de agua de fusión, en caso de presentarse una erupción moderada similar a la del 18-19 de diciembre del 2000, pero con caída continua de material de alta temperatura sobre el hielo y nieve del glaciar.

Debe mencionarse que también puede presentarse este mismo fenómeno ante la caída de lluvias extraordinarias en este mismo sector del volcán, en la zona intermedia de bosque.



**Figura 1.** Mapa donde se enmarcan las barrancas (de arriba a abajo) Amalacaxco, Yancuecole y Huiclástoc. Estas dos últimas confluyen a los 2,875 msnm para formar la barranca de Huitzilac-Teaxcaltitla-Grande. También aparecen algunos poblados a lo largo de estos cauces

De esta manera, se podría generar un volumen considerable de agua, que mezclado con el material piroclástico emitido durante la erupción, más el existente a lo largo de las barrancas de Amalacaxco, Yancuecole y Huiclástoc, podrían impactar en algunas poblaciones aguas abajo de las mismas.

Por tanto, se señala que hay tres barrancas que nacen en la parte alta (figura 1), las cuales conforman dos trayectorias principales.

- 1. Amalacaxco-Hueyatlaco-Estafiatepec-Caxquenatlaco-Tetoro-Necuate-Grande.
- 2. Huitzilac-Teaxcaltitla-Grande.

Los poblados por los que pasa la primera trayectoria son: San Juan Tehuixtlán, Popo Park, Ozumba de Alzate, San Vicente Chimalhuacán y Nepantla de Sor Juana Inés De la Cruz, continuando aguas abajo por el Estado de Morelos.

A lo largo de la segunda trayectoria, se encuentra San Andrés Tlalámac y sigue su curso también hacia el Estado de Morelos.

### Análisis de Escenarios de Flujos

Mediante el uso del simulador de flujos diseñado en el Centro Nacional de Prevención de Desastres, se pueden obtener diversos escenarios de flujos de lodo para este sector poniente del volcán, donde se observan claramente las trayectorias que van en dirección de los poblados arriba apuntados, por lo que es necesario tomar ciertas medidas de seguridad y prevención.

Al utilizar dicho simulador de flujos, se puede generar un escenario con todas las trayectorias posibles en la periferia del volcán, como se observa en el mapa de la figura 2.

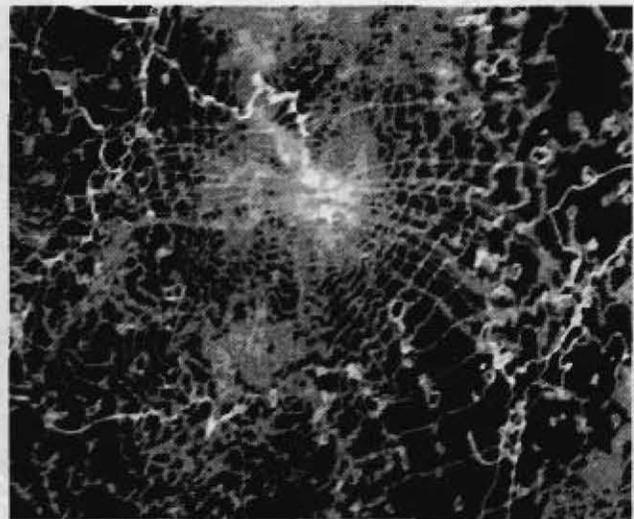
Si ahora se simulan trayectorias individuales, se pueden conocer con mayor precisión las zonas y poblaciones de más riesgo, lo que permite zonificar de esta manera el riesgo por posibles flujos de lodo a lo largo de trayectorias bien definidas.

En seguida se muestra un escenario (figura 3), donde se ve claramente que la trayectoria superior corresponde a la barranca de Amalacaxco, que es la que pasa por San Juan Tehuixtltán y sigue su curso por Popo Park, Ozumba de Alzate, San Vicente Chimalhuacán y Nepantla de Sor Juana Inés De la Cruz, en el Estado de México.

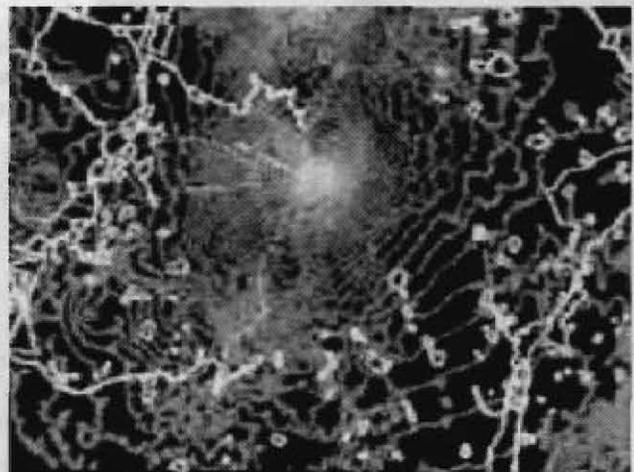
En este mismo escenario aparece una segunda trayectoria (la intermedia) que corresponde a la barranca de Huitzilac-

Texcaltitla-Grande, que es la que pasa por San Andrés Tlalámac dentro del Estado de México.

Al realizar trabajo de campo a lo largo de dichas trayectorias, se ha podido comprobar que el método de simulación de flujos es confiable, ya que si comparamos estas trayectorias con las que aparecen en el mapa de la figura 1, veremos que hay una correspondencia casi similar, por lo que es una ayuda muy valiosa trabajar con esta herramienta previamente, mediante el uso de una microcomputadora personal.



**Figura 2.** Mapa donde se observa un escenario de flujos del Popocatepetl en toda su periferia. De aquí se puede hacer un análisis de trayectorias particulares



**Figura 3.** Escenario, donde aparecen las dos primeras trayectorias (de arriba hacia abajo), que corresponden a las barrancas de Amalacaxco y Huitzilac- Texcaltitla-Grande (ésta última es resultado de la union de los cauces Yancuecole y Huiclastoc)

## Flujos de Lodo

Del trabajo realizado a lo largo de estas barrancas, fue posible observar depósitos de lahar, los cuales se encuentran en las partes cercanas a San Juan Tehuixtitlán (ver la fotografía 4) y a San Andrés Tlalámac.

Así mismo, también se realizaron inspecciones de campo en las poblaciones que tienen alguna infraestructura instalada (ver las fotografías 5, 6 y 7) dentro y a la orilla de las trayectorias.

Por lo que se zonificó el riesgo para cada una de ellas, señalándose con detalle la cantidad de construcciones en riesgo, así como las observaciones y recomendaciones pertinentes para cada población, dependiendo de su situación particular.



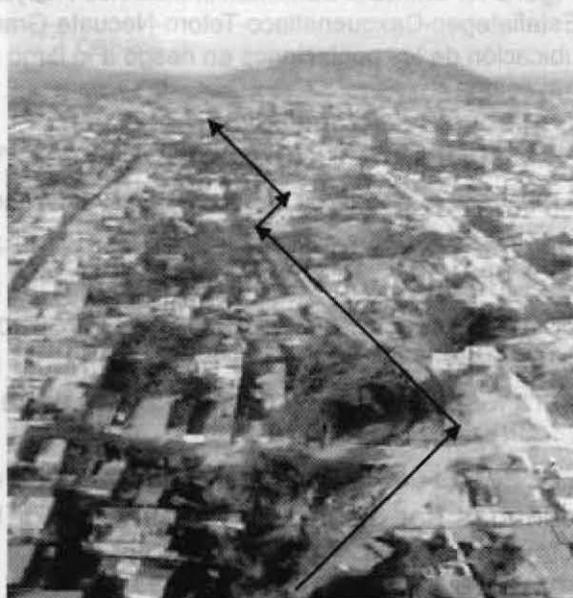
**Fotografía 4.** Depósito de lahar en las afueras de San Juan Tehuixtitlán. Observarse los bloques de roca andesítica provenientes de la parte alta del cono volcánico



**Fotografía 5.** Construcciones ubicadas dentro del cauce de la barranca de Amalacaxco, en su tramo Estafiatepec-Caxquenatlaco, en el poblado de San Juan Tehuixtitlán



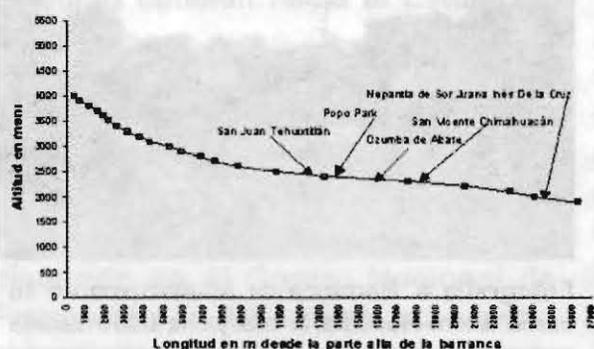
**Fotografía 6.** Barranca de Amalacaxco en su tramo Tetoro-Necuete, la cual ya ha sido invadida con construcciones tanto en su cauce como en sus orillas, en el poblado de Ozumba de Alzate, en algunos tramos se ha perdido el cauce



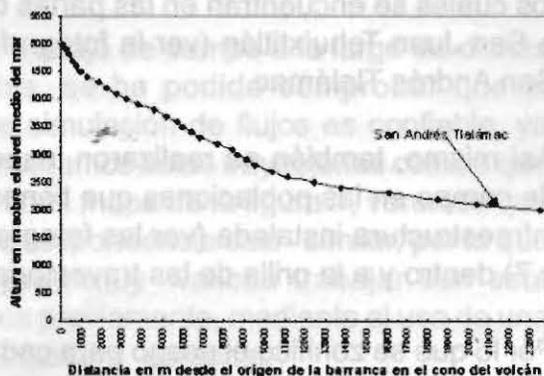
**Fotografía 7.** Barranca de Amalacaxco en su tramo Tetoro-Necuete, la cual atraviesa el municipio de Ozumba de Alzate, aproximadamente en su parte media. La línea indica la dirección del cauce

También, se presentan los perfiles de ambas trayectorias (figuras 4 y 5), señalándose la ubicación de las poblaciones en cada una de ellas. Así, San Juan Tehuixtitlán está a 12.65 km, Popo Park a 14.9 km, Ozumba de Alzate a 16.6 km, San Vicente Chimalhuacán a 18.5 km y Nepantla de Sor Juana Inés De la Cruz a 27 km. Esto es a lo largo de la primera trayectoria. Respecto de la segunda trayectoria, San Andrés

Tlalámac está a 21.5 km a partir de su inicio en la parte alta. Las distancias antes mencionadas fueron calculadas a partir del origen de las barrancas en el cono del volcán Popocatépetl.



**Figura 4.** Perfil de la Barranca Amalacaxco-Hueyatlaco-Estafiatepec-Caxquenatlaco-Tetoro-Necuate-Grande y ubicación de las poblaciones en riesgo a lo largo de su trayectoria



**Figura 5.** Perfil de la barranca Yancuecole-Huitzilac- Texcaltitla-Grande y ubicación de San Andrés Tlalámac a lo largo de su trayectoria

### Recomendaciones, por la Microzonificación por Riesgo de Flujos de Lodo, en las Localidades Asentadas a lo Largo de las Trayectorias de las Barrancas.

El agua de fusión generada en el glaciar noroeste por la incidencia de un flujo piroclástico o por una oleada, producto de una probable erupción moderada en el Popocatépetl, podría disparar un flujo de lodo o "lahar" hacia este sector del volcán, con el consecuente riesgo para las poblaciones que se ubican aguas abajo como se describe más adelante.

Las zonas de riesgo a ser afectadas y el resumen de las construcciones que podrían resultar dañadas por dicho flujo encauzado por las trayectorias de las barrancas en el Estado de México, se presentan en la tabla.

POBLACIÓN	CASAS	ESCUELAS	PUENTES	TEMPLOS	OTROS
<b>SAN JUAN TEHUXTITLÁN</b>	211 (72)*	1 (0)*	2	1 (0)*	1 DELEGACIÓN MUNICIPAL 1 EX-HACIENDA (0)*
<b>POPO PARK</b>	12	-	-	-	-
<b>OZUMBA DE ALZATE</b>	249	1	8	-	1 RASTRO MUNICIPAL 1 PLANTA INCONCLUSA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
<b>SAN VICENTE CHIMALHUACÁN</b>	8	-	1	-	-
<b>NEPATLA DE SOR JUANA INÉS DE LA CRUZ</b>	21	-	1	-	UNA PARTE DEL CENTRO CULTURAL SOR JUANA INÉS DE LA CRUZ
<b>SAN ANDRÉS TLALÁMAC</b>	27	3	1	-	1 CENTRO DE SALUD
<b>TOTALES: 6</b>	<b>528</b> (*) 389	<b>5</b> (*) 4	<b>13</b>	<b>1</b> (*) 0	<b>6</b> (*) 4

## Flujos de Lodo

Los números marcados con asterisco (\*) representan el número reducido de construcciones que podrían ser afectadas si se realiza la obra recomendada.

Por lo tanto, se hacen los siguientes señalamientos y recomendaciones, a reserva de continuar trabajando en la parte alta de estas mismas barrancas, donde posteriormente se propondrán distintos tipos de obra a fin de retener las rocas y material de mayor tamaño, con lo cual también se reducirán pendientes y velocidades de los flujos que podrían generarse en caso de presentarse una mayor actividad volcánica o de ocurrir lluvias extraordinarias que también pudieran disparar los materiales de caída depositados en las partes altas del cono que forman estos flujos.

### **Análisis de Riesgo por Flujos de Lodo en las Localidades Asentadas a lo Largo de la Trayectoria que se Origina en el Sector Noroeste del Volcán Popocatepetl.**

Aquí, se señala el riesgo que representa el tramo de la barranca ya mencionada en el Estado de México, además de hacer las recomendaciones necesarias para cada caso particular, buscando reducir o mitigar en lo posible cualquier riesgo por un posible flujo de lodo o lahar proveniente únicamente de la fusión parcial del glaciar noroeste en el cono volcánico del Popocatepetl o por la ocurrencia de una lluvia extraordinaria.

#### **San Juan Tehuixtitlán (Municipio de Atlautla)**

Se detectaron con alto riesgo por flujo de lodo un total de:

-211 casas.

-Parte de la Ex-Hacienda de Guadalupe.

-La Delegación Municipal.

-La Iglesia.

-La Telesecundaria "Benito Juárez".

-2 puentes: Uno ubicado en la continuación de la calle La Gloria y que va hacia el camino "X vía de Xico" y el otro que está sobre la Av. Juárez y que comunica con Popo Park y San Mateo Tecalco.

Este daño puede reducirse a:

- 72 casas.

-Parte de la Ex-Hacienda de Guadalupe.

Si se construye hacia la parte oriente a unos 3.25 km, un desarenador en un paraje donde se encuentra una pila para agua para el ganado, la cual serviría para captar el material fino y fragmentos de roca menores que alcancen a pasar en las obras civiles que más adelante se recomendarán para la parte alta de la barranca.

Esta obra serviría para proteger la entrada de agua y sedimentos por el camino que llega al centro del pueblo por la Av. Juárez y que normalmente ocurre en el verano de cada año, ya que la barranca de Amalacaxco se desborda en este sitio, bifurcándose el flujo también por el cauce natural. De esta manera, se obligaría a que cualquier flujo siguiera necesariamente la trayectoria natural de la barranca.

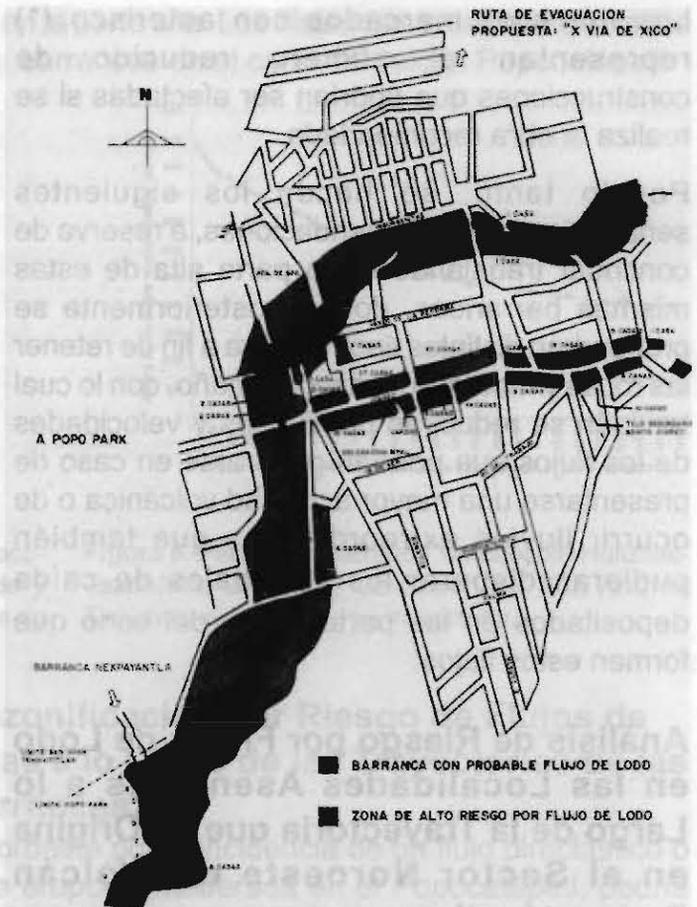
Debe mencionarse además que hay indicios claros de depósitos anteriores de flujo, los cuales se abrieron en forma de abanico y llegaron a dicho asentamiento incluso hasta la Escuela Telesecundaria.

Como ruta adicional de escape y evacuación, los pobladores inicialmente propusieron la ampliación del camino "X vía de Xico" que sería continuación de la Calle La Gloria, la cual va hacia Amecameca, ya que está en buenas condiciones, pero es angosta. Cabe señalar que esta obra ya fue llevada a cabo.

### Recomendaciones de Prevención y Mitigación de Riesgo.

Ubicándonos dentro del poblado (ver mapa 1) y en función de las condiciones actuales de la barranca que aquí toma el nombre de Caxquenatlaco y que aguas abajo cambia a Tetoro en la jurisdicción de Popo Park, se recomienda lo siguiente para seguridad de la población:

1. Reubicar a la población que se encuentra asentada dentro del cauce y no permitir nuevos asentamientos en el mismo.
2. Efectuar la obra de limpieza, corrección y desazolve del cauce a fin de que cualquier volumen de agua o de una mezcla de agua y escombros de origen volcánico (flujo de lodo o lahar), pueda fluir por esta barranca sin causar daño.
3. Tomar en consideración la vulnerabilidad de los puentes, ya que se encuentran a lo largo de la trayectoria de flujo.
4. Evitar se siga tirando basura en la barranca y desazolvarla para que siempre esté en buenas condiciones de drenaje .
5. Definir sitios en zonas altas de seguridad hacia donde la población pueda desplazarse en caso de ocurrencia de un flujo de lodo o lahar.



**Mapa 1.** Trayectoria de la barranca Caxquenatlaco-Tetoro-Necuate, que pasa por San Juan Tehuixtltlán, Municipio de Atlautla. Aquí se muestran las casas que se encuentran en alto riesgo ante la incidencia de un lahar proveniente de la parte alta del Popocatepetl

### Popo Park (Municipio de Atlautla)

Aquí están en alto riesgo un total de:

**- 12 casas.**

Las cuales se ubican en la unión de esta barranca con la de Nexpayantla y que colindan con el Municipio de Ozumba . Esto se puede observar en el mismo mapa No. 1 de San Juan Tehuixtltlán.

Como toda esta zona es plana, la ruta de evacuación o escape es hacia San Mateo Tecalco y Cuijingo o hacia Amecameca.

## Flujos de Lodo

### Recomendaciones de Prevención y Mitigación de Riesgo.

1. Reubicar a la población que se encuentra asentada dentro del cauce y no permitir nuevos asentamientos ni obras de construcción en el mismo.
2. Efectuar la obra de limpieza, corrección y desazolve del cauce a fin de que cualquier volumen de agua o de una mezcla de agua y escombros de origen volcánico (flujo de lodo o lahar), pueda fluir por esta barranca sin causar daño.
3. Tomar en consideración la vulnerabilidad de los puentes, ya que se encuentran a lo largo de la trayectoria de flujo.
4. Definir sitios de seguridad hacia donde la población pueda desplazarse en caso de ocurrencia de un flujo de lodo o lahar. Dichos sitios deben estar en zonas altas.

### Ozumba de Alzate

Siguiendo la misma trayectoria se encuentra el municipio de Ozumba, donde se detectaron en la cabecera municipal (mapa 2) edificios, casas-habitación y puentes en riesgo, haciendo un total de:

- 249 casas.
- El Rastro Municipal.
- El jardín de niños "Margarita Maza de Juárez".
- Una obra para el tratamiento de aguas residuales que hasta el cierre de esta edición se encontraba sin terminar.
- 8 Puentes:
  - a). Carlos Hank González, sobre la calle del mismo nombre y que comunica a las colonias

- Alzate e industrial.
  - b). Las Damas, sobre la Av. Antonio Alzate.
  - c). Bartolomé de las Casas, sobre la calle del mismo nombre.
  - d). Lic. Verdad, sobre la misma calle.
  - e). Nicolás Jiménez, sobre la misma calle.
  - f). Del Pensador Mexicano, sobre la calle con este nombre.
  - g). De La Máquina, sobre la vía del Ferrocarril.

- h). Alzate Sur, que entronca con el nuevo bulevar Arturo Montiel Rojas.

En este caso la barranca atraviesa completamente la población y existen construcciones dentro del lecho.

En ese lugar se pueden apreciar claramente dos depósitos de flujo intercalados por uno de caída aérea.

Aquí, las rutas de escape para el caso de un flujo de lodo serían en sentido perpendicular a ambos márgenes (oriente y poniente).

Hacia el poniente, la ruta que se presenta como la de mayor seguridad resulta ser la que tiene dirección hacia Cuijingo; aunque al oriente la mejor recomendación es la construcción de terrazas de algunos metros de altura, donde la población pudiera desplazarse en caso de que se presente alguna emergencia causada por el fenómeno antes mencionado.

## Recomendaciones de Prevención y Mitigación de Riesgo.

En este poblado, el tramo de barranca queda comprendido desde los límites de San Juan Tehuixtltán y Popo Park, hasta los límites con San Vicente Chimalhuacán, donde la barranca toma los nombres de Tetoro y Necuate.

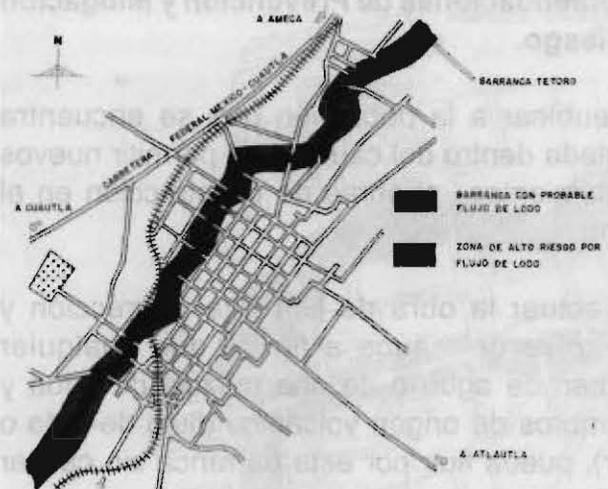
De manera similar, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Reubicar a la población que se encuentra asentada dentro del cauce y no permitir nuevos asentamientos en el mismo.
2. Efectuar la obra de limpieza, corrección y desazolve del cauce a fin de que cualquier volumen de agua o de una mezcla de agua y escombros de origen volcánico (flujo de lodo o lahar), pueda fluir por esta barranca sin causar daño.
3. Tomar en consideración la vulnerabilidad de los puentes, ya que se encuentran a lo largo de la trayectoria de flujo.
4. Evitar la tira de basura y descargas domésticas, para que el cauce siempre esté en condiciones de buen drenaje, en caso de presentarse algún tipo de flujo.
5. Definir sitios de seguridad hacia donde la población pueda desplazarse en caso de ocurrencia de un flujo de lodo o lahar.

Dichos sitios deben estar en zonas altas.

### San Vicente Chimalhuacán (Municipio de Ozumba)

En este poblado fueron detectadas las siguientes construcciones con alto riesgo:



**Mapa 2.** Trayectoria de la barranca (tramo Tetoro-Necuate), que pasa por Ozumba de Alzate

- 8 casas.

- El Puente Las Cruces-San José Tlacotitlán.

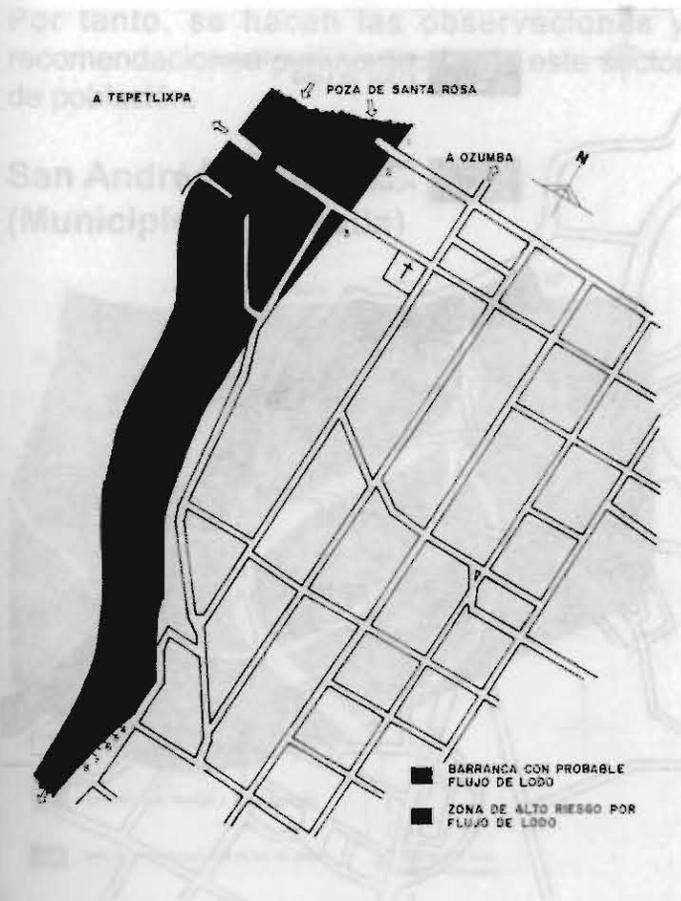
Dichas casas se ubican desde la Poza de Santa Rosa a la altura de la calle Texcoco en la parte norte, hasta donde finaliza la calle Sor Juana Inés De la Cruz en su extremo sur (ver mapa No. 3).

Aunado a esto, se propone arreglar el camino que va a Tepetlixpa y que sale por la calle Cuautitlán hacia el poniente, ya que puede servir como ruta de escape, para el caso de un evento mayor que pudiera involucrar otros efectos.

Debe señalarse también que es necesario considerar el puente que se encuentra cerca de la desviación denominada Las Cruces-San José Tlacotitlán, ya que por ese lugar pasa la misma barranca y es la ruta de escape y evacuación de San José Tlacotitlán hacia la Carretera Federal con dirección a Cuautla o hacia Tepetlixpa.

## Recomendaciones de Prevención y Mitigación de Riesgo.

Aquí, el tramo de barranca corresponde al cauce que va desde los límites con el Municipio de Ozumba, hasta los límites con el Municipio de Tepetlixpa haciéndose recomendaciones similares:



Mapa 3. San Vicente Chimalhuacán

1. Efectuar obra de limpieza, corrección y desazolve del cauce a fin de que cualquier volumen de agua o de una mezcla de agua y escombros de origen volcánico (flujo de lodo o lahar), pueda fluir por esta barranca sin causar daño.

2. Dar mantenimiento a la barranca a fin de que no se azolve y siempre esté en condiciones de buen drenaje, para el caso de presentarse algún tipo de flujo.

3. Definir sitios de seguridad hacia donde la población pueda desplazarse en caso de ocurrencia de un flujo de lodo o lahar. Dichos sitios deben estar localizados en zonas altas.

## Nepantla de Sor Juana Inés De la Cruz (Mpio. de Tepetlixpa)

En esta población (ver mapa 4), se encuentran en riesgo:

- 21 casas.
- Una parte del Centro Cultural Sor Juana Inés De la Cruz.
- Un puente-vado:

Sobre la calle Zaragoza y que comunica con el camino que va en dirección a Achichipico y San Andrés Tlalámac.

Aquí, el cauce se denomina barranca Grande y con frecuencia ha inundado zonas que actualmente están habitadas, cuando ocurren lluvias fuertes de temporal.

Lo recomendable, es desplazar a la población asentada en la margen oriental hacia ese mismo lado en caso de la ocurrencia de un flujo de lodo.

Para lo cual debe definirse con mucho cuidado un sitio que pueda ser identificado claramente como seguro para todos los habitantes que se encuentran ubicados en la margen poniente de la barranca.

En este caso en particular, el desplazamiento de la población deberá ser realizado hacia este mismo lado y para lograr este objetivo se recomienda utilizar la iglesia como sitio de reunión para casos de emergencia debido a que los habitantes conocen bien su ubicación y pueden llegar rápidamente a este punto.

### Recomendaciones de Prevención y Mitigación de Riesgo.

El tramo de barranca considerado aquí, va desde los límites con San Vicente Chimalhuacán, hasta los límites con el Estado de Morelos aguas abajo de esta población y donde el cauce lleva el nombre de barranca Grande.

De manera análoga, se hacen los siguientes señalamientos para seguridad de la población, en caso de presentarse una contingencia por flujo de lodo, proveniente de la parte alta del volcán o simplemente provocada por una lluvia extraordinaria.

1. Reubicar a la población que se encuentra asentada dentro del cauce y no permitir nuevos asentamientos en el mismo.
2. Efectuar la obra de limpieza, corrección y desazolve del cauce a fin de que cualquier volumen de agua o de una mezcla de agua y escombros de origen volcánico (flujo de lodo o lahar), pueda fluir por esta barranca sin causar daño.
3. Evitar la tira de basura y descargas domésticas en el cauce, para que siempre esté en condiciones de permitir el paso de cualquier flujo proveniente de la parte alta del volcán.

### Microzonificación de Riesgo por Posibles Flujos de Lodo en San Andrés Tlalámac.

Este análisis de riesgo se realizó debido a posibles flujos de lodo que pudieran ocurrir por la fusión del glaciar noroeste del volcán Popocatepetl, los cuales se encauzarían por las barrancas Yancuecole y Huiclástoc, que se unen en



**Mapa 4.** Tramo de barranca Grande, hacia la parte oriente de Nepantla de Sor Juana Inés De la Cruz en el Municipio de Tepetlixpala, donde también existe el riesgo ante la incidencia de un posible flujo de lodo, proveniente de la parte alta del Popocatepetl

la cota 2,875, para continuar por la barranca Huitzilac- Texcaltitla-Grande en el Estado de México y que posteriormente continúa hacia el Estado de Morelos.

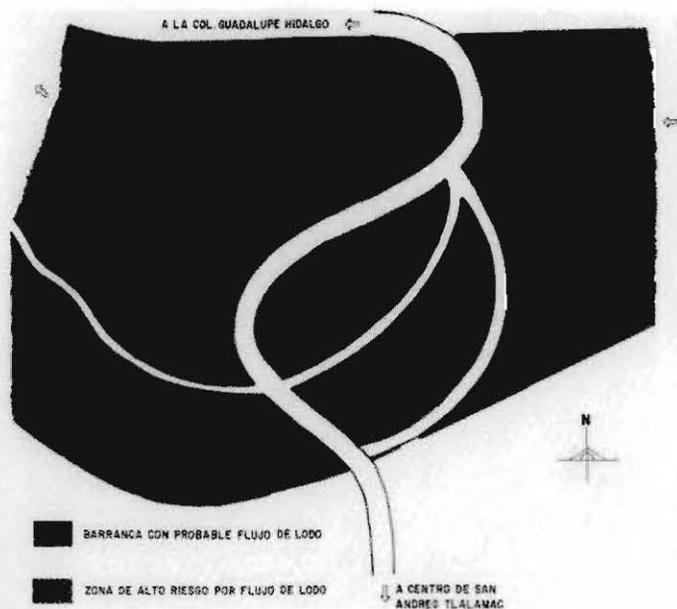
A lo largo de la trayectoria arriba señalada, sólo se encuentra un sector de población en riesgo, que pertenece a San Andrés Tlalámac, municipio de Atlautla.

De esta manera, se señala el riesgo por este tipo de fenómeno que pudiera darse en caso de ocurrir una erupción moderada con emisión de material de alta temperatura, que podría fundir parte del glaciar y disparar los flujos de lodo, o por posibles crecientes de agua, generadas en la parte media del volcán al caer lluvias extraordinarias que también darían lugar al mismo fenómeno.

## Flujos de Lodo

Por tanto, se hacen las observaciones y recomendaciones pertinentes hacia este sector de población.

### San Andrés Tlalámac (Municipio de Atlautla)



Mapa 5. San Andrés Tlalámac

El sector en riesgo de esta población incluye la siguiente infraestructura:

27 casas-habitación

Una Escuela Secundaria.

La Escuela Primaria “José María Morelos”.

El jardín de niños “Fray Bartolomé De las Casas”.

El Centro de Salud.

Un puente, que comunica a este poblado con la Col. Miguel Hidalgo.

Lo anterior se ubica en la parte suroeste de San Andrés Tlalámac (ver mapa No. 5), justo antes de que la carretera cruce la barranca Grande para continuar hacia la Colonia Guadalupe Hidalgo del mismo municipio.

### Recomendaciones de Prevención y Mitigación de Riesgo.

1. No permitir nuevas construcciones dentro y a la orilla de la barranca debido a la posibilidad de flujos de lodo provenientes desde la parte alta del volcán, además de que también podrían generarse por la caída de lluvias extraordinarias

2. Mantener limpia y desazolvada la barranca, para evitar represamientos temporales principalmente en el punto donde la carretera cruza dicha barranca, ya que un embalse temporal podría ser catastrófico para los asentamientos ubicados aguas abajo.

3. Que los planteles escolares y el Centro de Salud tengan la información suficiente, señalamientos adecuados con información para este tipo de riesgo y Programas Internos de Protección Civil, a fin de que se contemple cómo actuar y hacia dónde movilizarse en caso de presentarse alguna contingencia por este fenómeno.

4. Suministrar información de este tipo de riesgo, a la población de las casas arriba señaladas y realizar ejercicios de evacuación hacia sitios seguros, previamente definidos.

5. Debe señalarse también que ésta población se encuentra en el sector 7 de la zona 2 de riesgo y que por tanto está propensa a ser impactada por material de caída tal como cenizas y fragmentos de piroclásticos de algunos milímetros de diámetro, por lo que deben recomendarse ciertas medidas adicionales a la población a las contenidas en el Plan Operativo del Volcán Popocatepetl.

Recomendaciones de prevención y Mitigación de Riesgos de inundación

En las planimetrías de construcción de obras y a fin de evitar inundaciones, la posibilidad de inundación debe ser considerada desde el inicio del proyecto antes de que comience la generación de las obras de infraestructura.

De manera general, se recomienda a los propietarios de inmuebles, tanto públicos como privados, que realicen trabajos de mantenimiento y limpieza de las áreas de drenaje y que realicen trabajos de mantenimiento de las áreas de drenaje y que realicen trabajos de mantenimiento de las áreas de drenaje.

1. Reubicar a la población que se encuentre en las zonas de riesgo de inundación. 2. Construir obras de infraestructura de saneamiento y saneamiento de las áreas de drenaje y saneamiento de las áreas de drenaje. 3. Construir obras de infraestructura de saneamiento y saneamiento de las áreas de drenaje y saneamiento de las áreas de drenaje.

### Créditos

El material presentado en esta obra proviene de la documentación que el Instituto de Protección Civil del Estado de México ha reunido sobre esta materia y la investigación fue realizada por el Ing. Esteban Ramos Jiménez con el apoyo de Margarito Leobardo Beltrán, Gregorio Amaro Rodríguez, Trinidad Beltrán Escobar y Pablo Estrada Villanueva del municipio de Atlautla y Marcos Galicia López, comisionado del IPCEM en Amecameca de Juárez, Méx.

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.

Así mismo, se tuvo el apoyo del Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación.

Por tanto, se hacen las observaciones y recomendaciones pertinentes en este sector de la población.

San Andrés Tlaxiaco (Municipio de Atlautla)



Mapa 4. San Andrés Tlaxiaco. El sector de riesgo de esta población incluye la zona de inundación.

27 casas-habitación construidas en un terreno de 578.2 hectáreas. Una Escuela Secundaria. Una Escuela Primaria José María Morelos.



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

**Oficinas en Toluca:**

**Urawa No. 100**

**Oficina 119, Col. Izcalli IPIEM. C.P. 50050**

**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.**