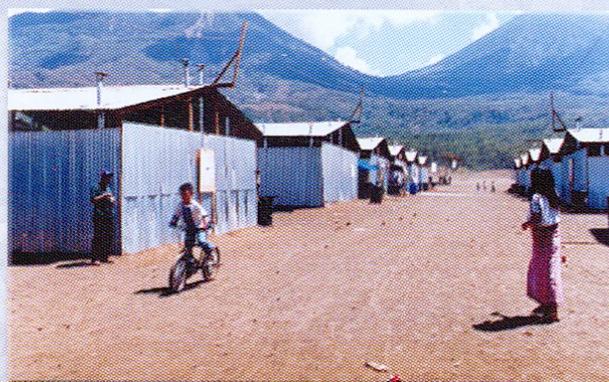
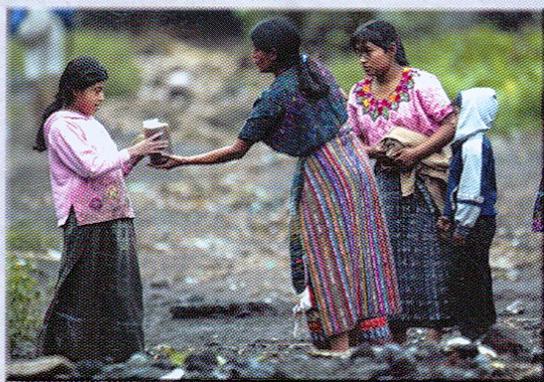
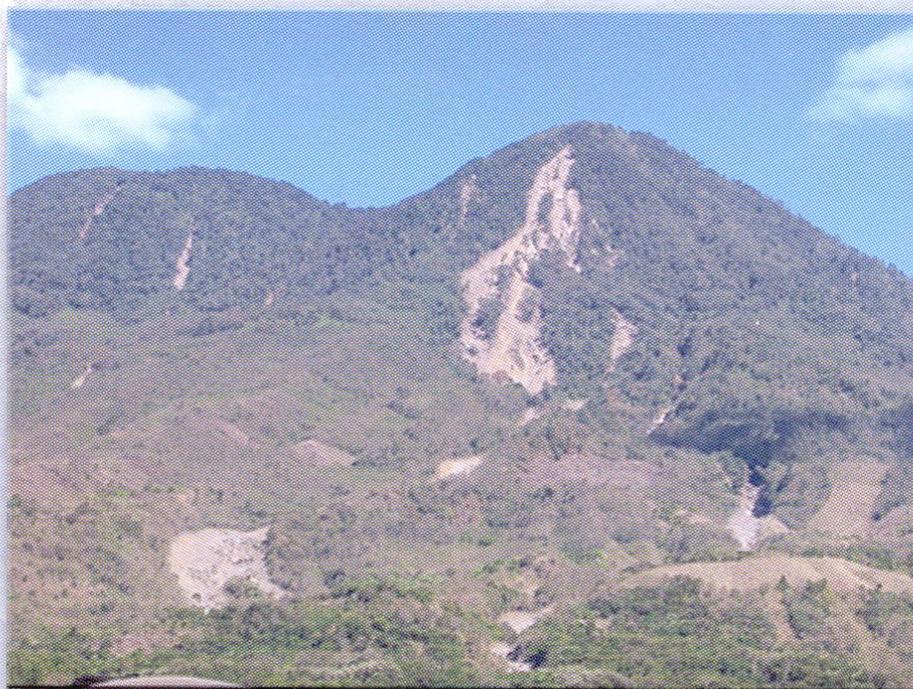


# **Evaluación de Deslaves del 5 de Octubre de 2005 en Panabaj, Santiago Atitlán, Sololá**



***Recomendaciones para la Reducción de Riesgos***

**Evaluación de Deslaves**  
**del 5 de Octubre de 2005 en Panabaj,**  
**Santiago Atitlán, Sololá**  
**y**  
**Recomendaciones para la Reducción de Riesgos**

*Preparado para*

**OXFAM GB**

*Preparado por*

**Chuck y Laura Connor**

*Universidad del Sur de Florida*

*y*

**Michael Sheridan**

*Universidad de Buffalo*

**Guatemala**

15 de junio de 2006

## **Agradecimientos**

*Por el apoyo brindado*

Universidad del Sur de Florida

Universidad de Buffalo

*Por el apoyo de campo*

Juan Skinner y Saskia Carusi (OXFAM GB)

*En el mapeo con GPS*

Jennifer Connor

---

Este documento se ha realizado con la ayuda financiera de la Comunidad Europea,  
a través de su departamento de Ayuda Humanitaria - ECHO -  
“El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de Oxfam  
y en ningún modo debe considerarse que refleja la posición de la Unión Europea”.

# PRESENTACION

## PRESENTACION

Este estudio es fruto del esfuerzo de varias instituciones comprometidas con el desarrollo de las comunidades y que creen en la gestión de riesgos como eje transversal en cada proceso de cambio.

Entre los efectos devastadores de la tormenta tropical STAN en Guatemala, y en particular en el cantón Panabaj de Santiago Atitlán, departamento de Sololá, ocurrió un flujo de escombros que soterró la mayor parte de la comunidad. En noviembre 2005 las familias que perdieron sus viviendas fueron temporalmente ubicadas en un terreno contiguo al Cantón Panabaj. En el proceso de búsqueda de un espacio para la reconstrucción de viviendas se ha hecho indispensable evaluar las condiciones de riesgo de la planicie aluvial de Panabaj y Tzanchaj.

Oxfam Gran Bretaña, con el financiamiento de la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO), y el apoyo como contraparte local de CONIC, ha cubierto las necesidades de seguridad alimentaria, agua, y saneamiento, complementando con promoción de salud y apoyo a la producción de Huipiles para mujeres indígenas de esa comunidad, como de otras afectadas por la tormenta Stan. Como parte de la respuesta integral a la población afectada de Panabaj se ha hecho prioritario evaluar las condiciones de riesgo para proporcionar información estratégica en la toma de decisiones para la reconstrucción. Todo este proceso se ha hecho en estrecha coordinación con CONRED, ente gubernamental encargado de la gestión de riesgos y profundamente interesada en la problemática. El apoyo a CONRED fue proporcionado con la intención de fortalecer el trabajo técnico de la institución a través del apoyo de profesionales con vasta experiencia en la temática.

A través del Proyecto ECB, "Construcción de Capacidades para Emergencias" se logro una alianza con Winrock Internacional, quien apoyó con profesionales de alto nivel académico especialistas en la evaluación de riesgos y amenazas producidas por volcanes. Es así como este esfuerzo se hizo realidad con la investigación de campo en Mayo 2006 de Charles y Laura Connor de la Universidad de Florida y Michael Sheridan de la Universidad de Búfalo.

Oxfam Gran Bretaña es una organización de Desarrollo, Socorro y Campañas, que desde 1941 se dedica a buscar soluciones duraderas a la pobreza y sufrimiento en más de 80 países alrededor del mundo. Es miembro de la confederación Oxfam Internacional. En Oxfam creemos que la pobreza hace que las personas sean más vulnerables a los conflictos y desastres naturales; mucho de este sufrimiento puede prevenirse, y debe superarse. Creemos que si trabajamos juntos podemos construir un mundo más seguro y justo, en donde los individuos puedan tomar el control de sus propias vidas y cuenten con sus derechos básicos.

ECHO es el Departamento de Ayuda Humanitaria de la Unión Europea. Desde 1992 presta ayuda a millones de víctimas de catástrofes naturales y conflictos fuera de la Unión Europea. Esta ayuda se pone a disposición de las víctimas de manera imparcial, es decir, independientemente de su raza, su grupo étnico, su religión, su sexo, su edad, su nacionalidad o afiliación política. Para la ayuda humanitaria, la Comisión actúa a través de 200 socios operativos, entre los que figuran organismos especializados de la ONU, el movimiento de la Cruz Roja y la Media Luna Roja y de las organizaciones no gubernamentales.

La comisión Europea es una de las principales fuentes de ayuda humanitaria del mundo. Los fondos se destinan a la adquisición de bienes y servicios como alimentos, ropa, refugios, suministros médicos, abastecimiento de agua, saneamiento, rehabilitaciones de emergencias y retirada de minas. La Comisión financia asimismo proyectos para aumentar la capacidad de respuesta en caso de catástrofe y mitigar sus consecuencias en las regiones propensas a las catástrofes naturales.

La Coordinadora Nacional Indígena y Campesina **CONIC** nace el 16 de julio de 1992 con el objetivo de impulsar un desarrollo integral, autogestionario y sostenible a escala nacional a través de la promoción y el fortalecimiento de la organización y el poder local de las comunidades indígenas mayas. Actualmente la organización trabaja en varios departamentos acompañando a comunidades entre las cuales se encuentran grupos de mujeres organizadas. El rescate de la cultura maya y la lucha por la tierra son propósitos fundamentales de CONIC. Durante la emergencia provocada por la tormenta STAN, CONIC facilitó la movilización de grandes contingentes de ayuda que diferentes comunidades de regiones menos afectadas enviaron a la región de Sololá, Quiché, la Costa Sur y otros lugares. En Santiago Atitlán se sumó a los esfuerzos de organización local para responder a la emergencia

Agradecemos profundamente al proyecto **ECB**, a **Winrock Internacional**, **CONRED**, **Universidad de Florida** y a **ECHO** por el valioso apoyo proporcionado para la realización de ese estudio de riesgo.

Programa de Ayuda Humanitaria  
Oxfam Gran Bretaña  
Guatemala

COMISION EUROPEA



Ayuda Humanitaria



# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

En el mes de octubre de 2005, la tormenta Stan causó fuertes precipitaciones a través de la mayoría del territorio Guatemalteco. En los terrenos montañosos, especialmente en los volcanes de esta región, las precipitaciones causaron deslaves de tierra, correntadas, y flujos de lodo, rocas y escombros de bosques. En la comunidad de Panabaj, Santiago Atitlán, un deslave de material piroclástico, el cual tuvo origen en las laderas del volcán Tolimán soterró a gran parte de la comunidad, dejando aproximadamente a 400 personas muertas.

Los deslaves que afectaron a la comunidad de Panabaj fueron de un volumen relativamente pequeño. Mundialmente la causa, las características y los horribles impactos de este tipo de deslaves son bastante comunes. Dichos deslaves se forman cuando las laderas ceden en terrenos muy inclinados, se dan con frecuencia en la cima de los volcanes y lejos de áreas habitadas. Las corrientes acumulan volumen e impulso conforme van descendiendo las laderas inclinadas del volcán, con frecuencia llegan a tener una velocidad de decenas de metros por segundo. Dichas corrientes llegan a las áreas deshabitadas en la base del volcán, en cuestión de minutos. Se esparcen muy rápido en terrenos topográficos bajos, inundando el área con una mezcla densa y viscosa de arena, grava, lodo y piezas de roca de varios metros de diámetro. Además el deslave arrastra la vegetación del área, por lo tanto agrega grandes árboles y otros restos vegetales al flujo de escombros. Estas corrientes son frecuentemente tan fuertes y tan espesas que hasta una corriente de solo unas cuantas decenas de centímetros de ancho, puede cubrir completamente las casas. Las personas atrapadas dentro de estas corrientes difícilmente sobreviven.

Además del gran porcentaje de muertes, los deslaves en Panabaj afectaron a una gran parte de la población que sobrevivió a los deslaves en sí. Casi toda la comunidad está conformada por agricultores que cultivan pequeñas parcelas de terreno y que viven en pobreza. A raíz de los deslaves, muchas personas de la comunidad viven ahora en condiciones de pobreza extrema, ya que las fuertes lluvias y los deslaves devastaron sus casas y destruyeron sus cultivos, los que constituían su principal sustento. Estadísticas actualizadas de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) sugieren que por lo menos 2,600 personas de la comunidad de Panabaj, Santiago Atitlán han sido desplazadas debido a los deslaves.

Muchas familias afectadas han sido reubicadas en albergues temporales construidos dentro de un perímetro de 100-300 metros de los depósitos del deslave del mes de octubre de 2005. Estas viviendas temporales están ubicadas en la planicie del abanico aluvial, un amplio depósito geológico formado por inundaciones recurrentes en el área debido a deslaves ocurridos durante un período de miles de años, o incluso más. Debido a que las viviendas temporales para las personas desplazadas por el deslave están ubicadas en un área geológica y morfológicamente similar al área inundada por los deslaves en el mes de octubre de 2005, esta área puede también ser potencialmente inundada por deslaves.

Además de las miles de personas viviendo en los albergues temporales, cientos de personas están actualmente reocupando el área adyacente al lugar de los deslizamientos, que afectaron a la comunidad, en octubre de 2005. Por consiguiente, una gran parte de los sobrevivientes de la comunidad de Panabaj parece permanecer en riesgo de futuros deslizamientos.

OXFAM, Gran Bretaña, en coordinación con CONRED, le pidió a los autores de este informe que hicieran una evaluación rápida y cualitativa acerca del riesgo que corre la comunidad de Panabaj de sufrir futuros deslizamientos. Nuestros resultados iniciales, los cuales fueron presentados en una reunión en CONRED el 25 de mayo de 2005, se resumen detalladamente en este informe. Esta evaluación se basó en una investigación de campo de siete días en la comunidad de Panabaj, en la cual se establecieron las características geológicas de los deslizamientos del mes de octubre de 2005. Durante esta investigación de campo se hicieron mediciones detalladas de las propiedades de las corrientes, el volumen, y las características relativas del deslizamiento. Con esta información es posible definir la naturaleza de los deslizamientos del mes de octubre de 2005 y hacer una evaluación del peligro, la vulnerabilidad, y el riesgo que corre la comunidad actualmente. Futuros trabajos incluirán esta información y más evaluaciones cualitativas de riesgos.

*Los objetivos específicos de este proyecto fueron:*

- Proporcionar evaluaciones cualitativas de los deslizamientos y de los peligros relacionados que corre la comunidad de Panabaj y que presenta el volcán Tolimán.
- Recomendar métodos para la reducción de desastres asociados con futuros deslizamientos, especialmente con respecto a la reconstrucción y/o a la reubicación de la comunidad de Panabaj.
- Proporcionar una evaluación de los “términos de referencia”, para las partes trabajando bajo contrato para CONRED, para la evaluación de los deslizamientos de octubre de 2005 y las estrategias de reducción de riesgo.

Los propósitos del monitoreo y de la mitigación de amenazas naturales son los de evaluar la actividad potencial, por adelantado, e informar a las poblaciones locales de estos desastres naturales para que ellos puedan responder a estas actividades potenciales de una manera premeditada y razonable. El plan para la reducción de riesgos para los residentes de la comunidad de Panabaj tiene que ser todavía desarrollado en su totalidad. Se necesita un plan que responda a una gran gama de casos asociados con deslizamientos de laderas o flujos de escombros e informar a la comunidad acerca de la mejor manera de vivir con estas amenazas potenciales.

En mayo del 2006, un grupo de investigadores vulcanólogos de la Universidad de el Sur de Florida (USF) y de la Universidad de Buffalo, Nueva York (UB) tomaron a cargo este proyecto. Debido a la corta duración de éste, nuestra meta fue la de proporcionar una evaluación geológica de los deslizamientos del mes de octubre de 2005, la probabilidad de eventos futuros y el de proporcionar recomendaciones que puedan ser implementadas rápidamente en los esfuerzos de mitigación de riesgos que se llevan a cabo actualmente.

La mayoría del análisis geológico está basado en nuestro mapeo y en la definición de las características de los deslaves que inundaron la comunidad de Panabaj. Además de eso, hemos proporcionado un análisis de esfuerzos de monitoreo y de reducción potencial de riesgos para ayudar a la comunidad a reaccionar en el caso de eventos similares o de mayor magnitud en el futuro.

La educación y los programas de difusión podrían ser extremadamente efectivos para elevar el nivel de conciencia, antes del próximo episodio de deslave en la región del Lago de Atitlán. La evaluación de las necesidades de la comunidad, la comprensión de los riesgos, y la perspectiva de la comunidad en cuanto a los planes de reducción de riesgos, van más allá del campo de acción de este proyecto inicial. Dichas evaluaciones necesitarían ser incluidas en la próxima etapa de desarrollo para un plan efectivo de reducción de riesgos.

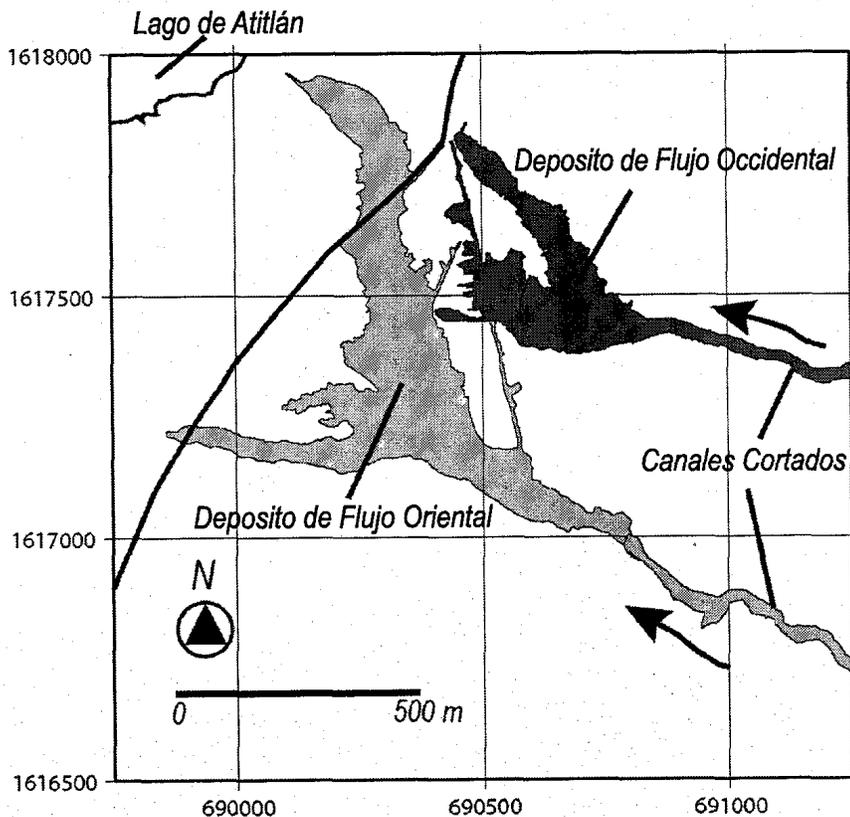
Este informe concluye con un grupo de recomendaciones en relación a los riesgos de deslave en la comunidad de Panabaj. Desde el punto de vista geológico, la información que pudimos obtener durante el trabajo de campo fue suficiente para definir las características de los deslaves y proporcionar los antecedentes para las próximas evaluaciones cuantitativas. Desde el punto de vista administrativo, es crucial desarrollar programas de educación y de divulgación, aclarar los planes de evacuación y las responsabilidades administrativas en circunstancias en que haya más posibilidad de que ocurran deslaves, destinar fondos para mejorar la infraestructura, todo para poder reducir las fatalidades y los impactos económicos de deslaves futuros, ya que éstos sucederán inevitablemente.

# OBSERVACIONES GEOLOGICAS

## OBSERVACIONES GEOLOGICAS

Deslaves masivos se desencadenaron alrededor de todo el Lago de Atitlán debido a las fuertes lluvias que acompañaron a la tormenta tropical Stan. Los materiales (rocas, árboles, arena y barro) moviéndose a gran velocidad cuesta abajo se mezclaron con más agua y otros materiales que ya corrían en los arroyos. Estas mezclas que corren rápidamente son conocidas como flujos de escombros. Debido a que los flujos de escombros son comúnmente producidos por movimientos de masas en las laderas topográficamente inclinadas, éstas tienen una gran corriente, comparada con las condiciones normales de los arroyos. Durante los flujos de escombros, los materiales pueden llegar a rebalsar las riveras de los arroyos, erosionar muy rápido el canal de los arroyos, o crear otros canales completamente nuevos. Durante la tormenta tropical Stan, los flujos de escombros fueron resultado de movimientos de masas de la ladera más alta de los volcanes Tolimán y Atitlán. Los movimientos de masas en el volcán Tolimán dieron como resultado la generación de un flujo de escombros de tamaño moderado, que descendió del volcán rápidamente. Éste se dividió en dos corrientes en la parte alta del valle al pie del volcán, y continuo descendiendo por ambos canales hasta que estas corrientes alcanzaron el abanico aluvial cerca de las orillas del Lago de Atitlán. Una vez que llegaron al abanico aluvial, las corrientes se esparcieron por toda la planicie, a gran velocidad, y destruyeron gran parte de la comunidad de Panabaj.

Debido a que el flujo de escombros se dividió en dos diferentes ríos en la parte alta del valle de los costados del volcán, en realidad dos diferentes corrientes inundaron Panabaj. Estas fueron denominadas los flujos de escombros Occidental y Oriental, por la posición donde estas corrientes cruzaron la carretera pavimentada, que pasa a través de la comunidad. (grafica 1)



**Gráfica 1. Mapa de los depósitos de los flujos de escombros del mes de octubre de 2005, que inundaron la comunidad de Panabaj.** Los perfiles de los flujos fueron adquiridos por índices diferenciales de la encuesta de GPS en el mes de mayo de 2006. Las flechas indican la dirección de los canales de las corrientes que alimentaron los flujos Occidental (Western) y Oriental (Eastern). Solo las áreas de depósitos de los flujos de escombros han sido marcadas y sombreadas. Los flujos altamente concentrados inundaron las áreas de la parte que baja de los depósitos del flujo de escombros (ver texto). La carretera pavimentada que pasa a través del área se representa con una línea fuerte y constante. Las coordenadas del mapa son UTM, datum WGS84.

Nuestro propósito, durante el trabajo de campo en el área fue describir las características geológicas de estos dos flujos de escombros. Las características geológicas de estos flujos nos permitieron hacer una evaluación preliminar de los riesgos latentes, asociados con los flujos de escombros en el área de Panabaj, incluyendo las evaluaciones de riesgos potenciales para las personas desplazadas por los primeros flujos y que viven cerca en albergues temporales. Esta información es extremadamente útil para estimar las condiciones durante el flujo, y establecer el panorama para más evaluaciones de riesgos, utilizando las simulaciones numéricas de flujos.

### **Clasificación de los Flujos**

Debido a que los depósitos del deslave están conformados mayormente de arena gruesa (aproximadamente 1mm de diámetro o más gruesa), estos se definen de mejor forma como flujos de escombros, y no como flujos de lodos. Dichos flujos son comúnmente consecuencia de movimientos a gran escala, tales como deslaves, que son detonados por fuertes lluvias o eventos sísmicos. En realidad, los flujos no deben ser definidos como alud o deslave de lodos porque el material que conforma los depósitos es granuloso comparado con los lodos, ya que éstos se conforman predominantemente de partículas arcillosas pequeñas.

### **Área y Volumen de los Flujos**

Mundialmente, el volumen de los flujos de escombros varía en muchos órdenes de magnitud. Los flujos de escombros pequeños ocurren relativamente con más frecuencia, y tienen volúmenes de  $10^4$  -  $10^5$  m<sup>3</sup>. Los flujos de escombros más grandes son escasos, y tienen volúmenes que exceden  $10^8$  m<sup>3</sup>, mil veces más voluminosos que el más común de los flujos de escombros. Los flujos de escombros comunes de volumen pequeño tienden a ocurrir durante lluvias extremadamente fuertes. Los flujos de escombros más grandes ocurren durante eventos sísmicos o volcánicos.

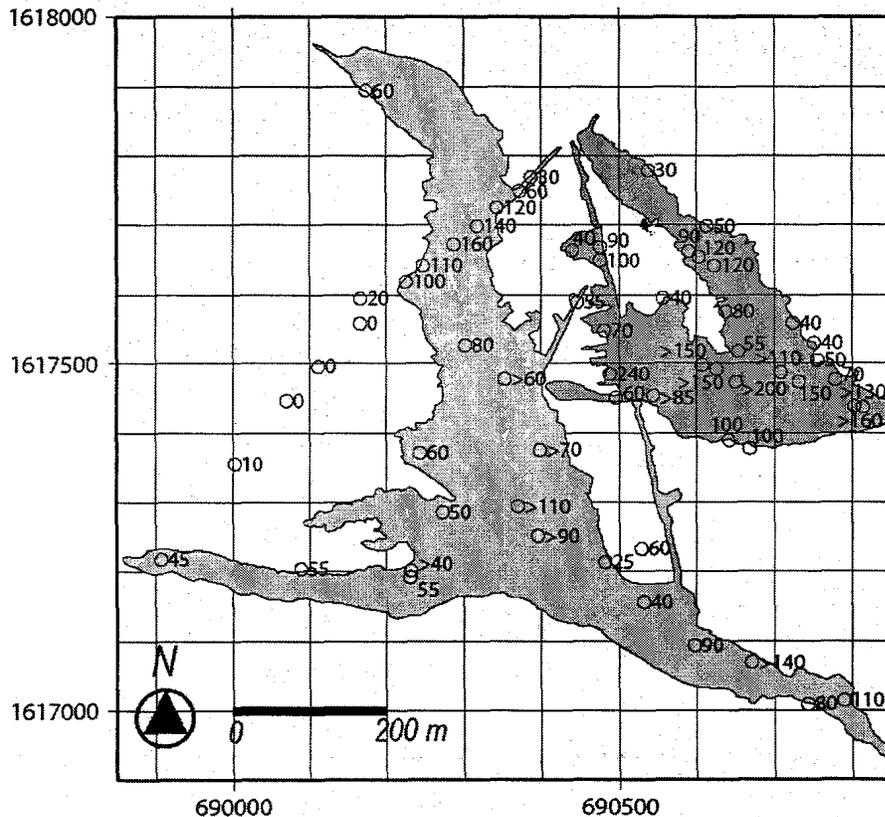
En el caso de Panabaj, determinamos los volúmenes de los flujos de escombros Occidental y Oriental utilizando índices diferenciales GPS (Sistema de Posición Global), para definir los límites de los flujos de escombros y para aproximar la variación del espesor del flujo. La gráfica 1 presenta el mapa conformado utilizando la información de estos índices diferenciales GPS, los cuales definen las áreas planimétricas inundadas por los flujos de escombros Occidental y Oriental. El área planimétrica inundada por el flujo Occidental es de aproximadamente 180,000 m<sup>2</sup> y el área inundada por el flujo Oriental es de 77,000 m<sup>2</sup>. En promedio, estos flujos son de menos de un metro de espesor a través de la mayor parte de su área, aunque su espesor sobrepasa 1.5 m en parte de sus canales principales. Como un valor preliminar, se asume que el promedio de espesor de ambos flujos, Occidental y Oriental, no sobrepasa el metro.

Basándose en observaciones de la altura de las marcas del agua que permanecen en los edificios, hasta el 40% del flujo por volumen, consiste en agua con sedimentos granulados, que han sido desaguados del depósito desde y durante su sedimentación. Incluyendo este cálculo del volumen del porcentaje de agua en el depósito original, el volumen de la corriente de los dos flujos combinados no sobrepasa los 360,000 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, el volumen combinado de los dos flujos es un volumen relativamente pequeño (en el orden de los 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>).

Además de las áreas definidas en la Gráfica 1, que presenta los depósitos de los flujos Occidental y Oriental, la corriente de agua y las capas altamente concentradas del flujo inundaron una gran área a los lados de estos depósitos. Las corrientes altamente concentradas consisten mayormente en agua con barro finamente granulado y partículas del tamaño de arena suspendidas en la corriente. Dichos flujos son comunes en los extremos (a los lados y frente) de los flujos de escombros. Cuando la fracción densamente granulada pierde impulso y se detiene, la fracción finamente granulada de la corriente se separa y continúa su descenso hacia áreas más bajas de la planicie. Esta nueva corriente, altamente concentrada, es menos turbulenta y menos destructiva que la parte granulada más gruesa de la corriente, pero no obstante, es capaz de causar daño y de dejar depósitos de lodo y arena finamente granulada de hasta 10-20 cm de espesor. Debido a que este material provenía de los depósitos de la corriente principal, no está incluido en el volumen de cálculo, porque ya está incluido en la fracción del 40%, indicado por las altas marcas de agua que quedaron en los edificios y las otras estructuras. Debido a que estas corrientes tenían un alto porcentaje de barro y partículas del tamaño de arena, en algunos casos, hicieron un daño sustancial en las áreas localizadas en la parte baja de la planicie, donde se formaron los depósitos principales. Estas corrientes altamente concentradas alcanzaron el Lago de Atitlán y fueron suficientemente fuertes como para arrastrar un gran porcentaje de escombros al lago, incluyendo ganado y otros animales.

### ***El Espesor de los Flujos***

Las observaciones de campo indican que el espesor de los flujos varía dramáticamente a través del área (Gráfica 2). La parte más espesa de la corriente, logramos observar que se encontraba en la parte Este de la Estación de Policía, donde la corriente Occidental pegó contra esta estructura. En esta ubicación, la corriente era de aproximadamente 2.5 metros (m) de espesor. El espesor de la corriente sobrepasó 1.0 m a todo lo largo de los canales principales en ambos flujos, Occidental y Oriental. Por ejemplo, a lo largo de la carretera pavimentada, el espesor de la corriente fue de 1.4-1.8 m, a pesar que ésta ubicación se encuentra relativamente cerca de los límites que alcanzó la corriente.



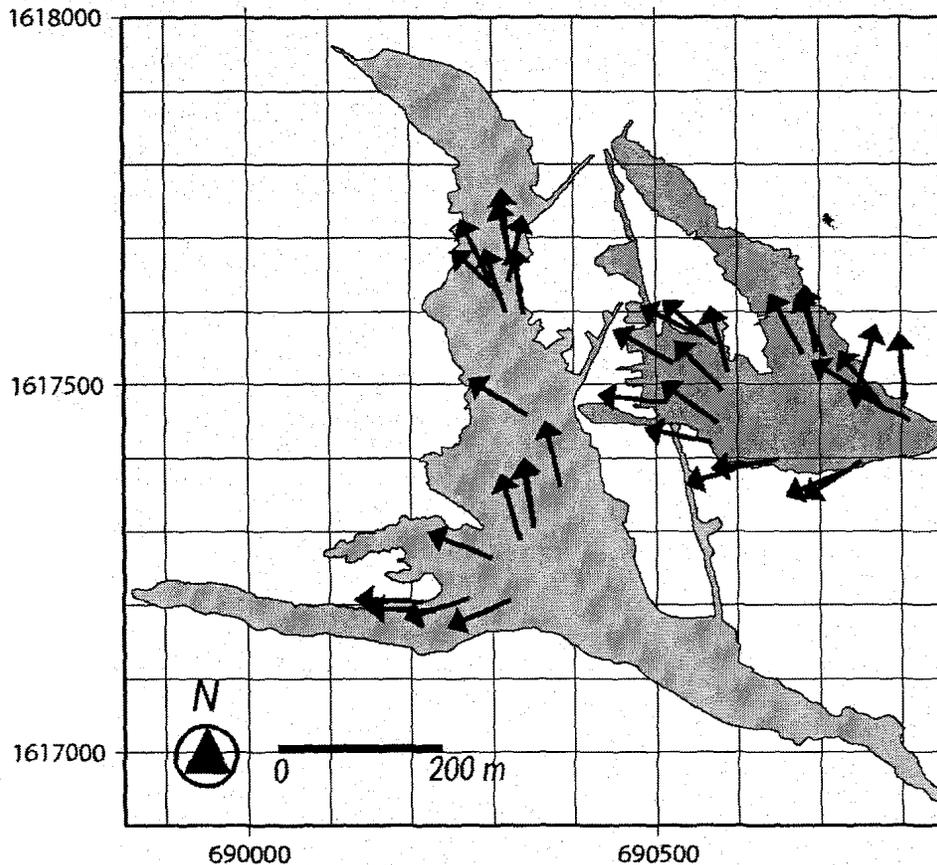
**Gráfica 2. El espesor de la corriente en los flujos Occidental y Oriental (representado en centímetros).** Algunos valores de espesor afuera de los límites de los flujos de escombros en el mapa presentan el espesor de los depósitos a la izquierda del flujo altamente concentrado y sobre la orilla de los flujos de escombros principales.

En las áreas que fueron inundadas por los flujos altamente concentrados, se observaron depósitos densos, que normalmente sobrepasaron los 10 cm. En algunas áreas, el estancamiento del flujo altamente concentrado contra los edificios tuvo como resultado la acumulación de hasta 60 cm. de sedimento finamente granulado.

### **Indicadores de la Dirección de los Flujos**

La dirección de los flujos es indicada por la forma en que el flujo de escombros envuelve a los árboles que permanecen de pie, y por los patrones de daño que se observan en los mismos árboles. Por ejemplo, en muchos casos la corteza de los árboles fue arrancada y fueron golpeados en el lado de la dirección de la corriente. Estos indicadores de la dirección del flujo de escombros son mucho más comunes en las orillas de la corriente principal y dan una idea del movimiento de masas.

La Gráfica 3 presenta los indicadores de la dirección de flujos que pudimos trazar en la superficie del depósito. No es sorprendente, que la mayoría de los indicadores de dirección del flujo revelaron un patrón de abanico aluvial, uniéndose en los canales que alimentaron los dos flujos de escombros. En algunas áreas, como la porción Oeste del flujo occidental, es evidente que porciones de la corriente también se movieron en dirección oblicua hacia esta dirección.



**Gráfica 3. Las dirección de flujos que se trazaron en los flujos de escombros Occidental y Oriental de Panabaj.**

### **Perfiles Longitudinales**

El equipo creó los perfiles longitudinales del flujo que presentan la variación topográfica de la superficie del flujo, desde los puntos en el abanico aluvial a los puntos en los canales para arriba del volcán. (Gráficas 4a,b, y 5). En los canales, estos perfiles longitudinales presentan un cambio en la elevación de la línea central del canal (normalmente definida como talweg), mientras el canal desciende. Una vez que llega al abanico aluvial registramos las direcciones principales de la corriente en el flujo Oriental, por el canal que corre hacia el Norte (Gráfica 4a), y también por la dirección de la corriente principal que cruzó el hospital (Gráfica 4b).

Todos estos perfiles fueron realizados utilizando los índices diferenciales de GPS. A lo largo de muchas partes del perfil las mediciones de elevación tienen más de un metro de precisión. Sin embargo, cuando los canales se tornaron más profundos disminuyó la cantidad de señal de satélites para la antena del GPS, por lo tanto la calidad de la mediciones se vio disminuida. No obstante, las mediciones GPS son suficientes para estimar el promedio de la inclinación de los canales.

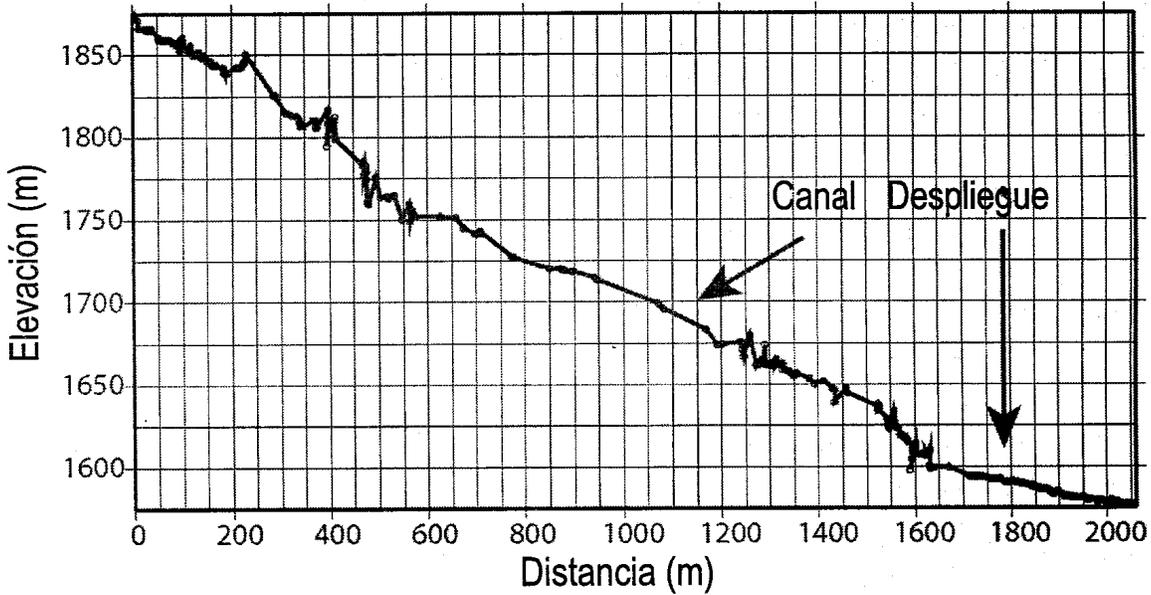
Después de la bifurcación de los dos flujos en la parte alta de la ladera del volcán, cerca del 65% de la corriente (por volumen) descendió por el canal del oeste, formando el flujo Occidental. El canal del oeste normalmente atrapa mucha de las corrientes de agua de los arroyos de esa parte del volcán.

En realidad, el perfil longitudinal presenta un descenso gradual de la ladera hasta donde el canal se encuentra con el abanico aluvial. Aproximadamente un kilómetro arriba del abanico aluvial, el canal desciende a una topografía con una inclinación de  $11.5^\circ$ . Este promedio de inclinación gradual disminuye la inclinación del canal, alcanzando solo  $5.3^\circ$ , justo arriba del abanico aluvial.

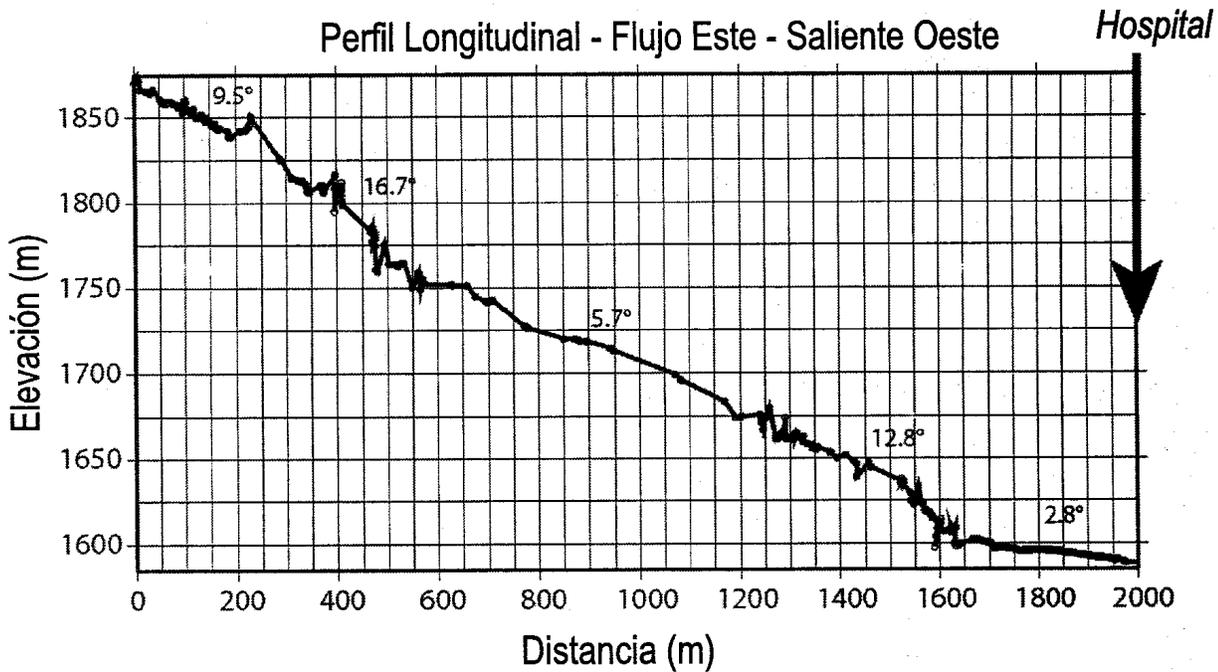
En contraste, el canal del este no está maduro, en el sentido de que el perfil longitudinal presenta niveles de elevación y variación en la inclinación a lo largo del perfil, en vez de un cambio gradual en la inclinación, observada a lo largo del canal del oeste. Las inclinaciones promedio en el canal del este son de hasta  $16.7^\circ$ . También se debe tomar en cuenta que, el talweg del canal tiene una inclinación dramática de  $12.8^\circ$  justo arriba del abanico aluvial.

Este incremento en la inclinación aumenta la velocidad del flujo de escombros justo antes de alcanzar el abanico aluvial, el cual se encontraba densamente poblado.

Perfil Longitudinal - Flujo Este - Canal Principal



Perfil Longitudinal - Flujo Este - Saliente Oeste



**Gráfica 4. Presenta los perfiles longitudinales reunidos utilizando los índices diferenciales GPS a lo largo del canal del flujo Oriental (ver gráfica 1 para la ubicación). En la parte alta del diagrama (a), las mediciones del abanico aluvial fueron hechas entre la boca del canal y la base del flujo a lo largo del drenaje principal. En la parte baja del diagrama (b), se muestra el perfil del abanico aluvial entre la boca del canal y el hospital. Tomar nota de la inclinación de los canales en las laderas, que aceleraron el flujo, especialmente justo arriba del abanico. “Las fluctuaciones” en las líneas del perfil reflejan los errores del GPS, donde el canal estaba profundo limitando la cobertura satelital del GPS.**

**Velocidad de la Correntada y Flujo en su Punto Máximo**

El equipo hizo mediciones detalladas a lo largo de los dos canales del flujo, arriba del abanico aluvial, para poder estimar la media del flujo, la velocidad y la descarga en el punto máximo (del flujo) en los dos canales.

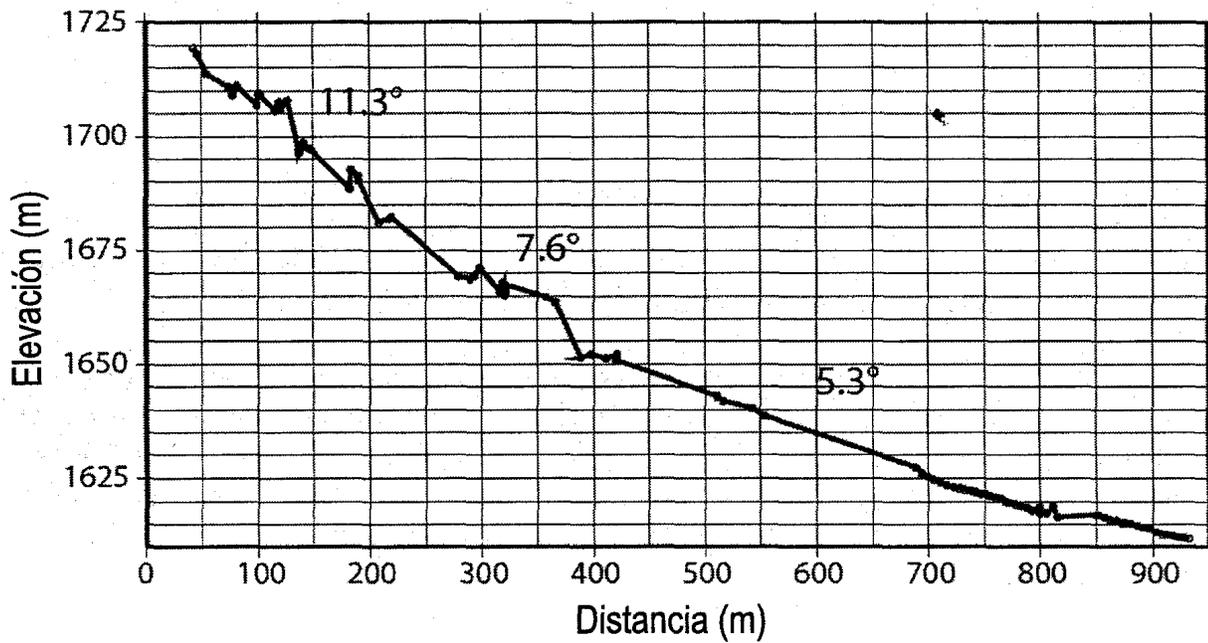
Un método confiable para determinar las velocidades del flujo utiliza una medida de la elevación de la corriente en el momento en que dobla en una curva del canal de flujo durante el descenso. La idea básica es que la super-elevación (o elevación adicional), que es la diferencia entre la altura de la corriente en el lado dentro de la curva del canal y la altura en la parte de afuera de la curva del canal, proporciona una indicación de la velocidad del caudal en el canal. Para poder determinar las velocidades del flujo utilizando este método, la inclinación promedio del talweg, la super-elevación, y el radio de la curvatura deben ser determinados. En este campo, estos parámetros fueron estimados utilizando las mediciones de los índices diferenciales GPS obtenidos alrededor de las curvas del canal, a lo largo del talweg del canal y en los márgenes del canal, rastreando la marca de las “aguas altas” donde la vegetación fue arrancada de las orillas del canal.

A lo largo del canal del flujo Oriental, las mediciones de las dos curvas dieron una velocidad de la media del flujo de 8.8 m/s y de 10.8 m/s respectivamente. El área donde se cruza el canal, medida también por el GPS, en las dos áreas fue de 144 y de 146 m<sup>2</sup>, durante la descarga en su punto máximo. Por consiguiente basándonos en estas observaciones, la descarga en el punto máximo (flujo) a lo largo del el flujo Oriental fue aproximadamente de 1200-1500 m<sup>3</sup>/s.

Se debe tomar en cuenta que a estas velocidades, el flujo de escombros pudo descender por todo su recorrido desde el área de deslave en la parte alta del volcán hasta la comunidad de Panabaj, en seis minutos.

Basándonos en estos cálculos, el total de la duración del flujo de escombros fue probablemente de 2-3 tres minutos como máximo. Esto sugiere el poco tiempo del que se dispone para evacuar el abanico aluvial después de iniciado el flujo de escombros. Es mejor, que las evacuaciones se den antes de que se inicien los deslaves, en respuesta a una lluvia intensa, una actividad sísmica o una actividad volcánica.

Perfil Longitudinal - Flujo Oeste - Canal Principal (Q < 2m)



**Gráfica 5. Los perfiles longitudinales del canal del flujo Occidental hacia la parte más alta del abanico aluvial.** Se debe tomar nota de las inclinaciones ligeras, relativamente variables del talweg, "las fluctuaciones" a lo largo del perfil se reflejan en las mediciones del GPS donde el canal se hizo más profundo, limitando la cobertura satelital.

Los flujos de escombros del mes de octubre no fueron eventos particularmente voluminosos o inusuales desde el punto de vista geológico. Mundialmente, los deslaves de este volumen son comunes y frecuentemente son desencadenados por intensas lluvias. En las regiones montañosas se puede esperar que existan muchos canales que le den cabida a flujos de escombros de volumen comparable. Sin embargo, estos deslaves fueron terribles desde el punto de vista humano. El gran porcentaje de muertes en Panabaj y en otras comunidades de la región del Lago de Atitlán se dió debido a la gran densidad de población en áreas que históricamente han sido catalogadas como áreas marginales. Se deben tomar medidas para poder disminuir el trágico impacto de dichos movimientos de masas, dado que futuros flujos de escombros y otros desastres relacionados, inevitablemente ocurrirán en esta área marginal. En la parte siguiente se presentan las recomendaciones preliminares.

### **Educación y Divulgación**

Alrededor del mundo, los desastres asociados con los flujos de escombros pueden ser minimizados a través de la educación y la divulgación de información a las comunidades que puedan ser potencialmente afectadas. En casos de deslaves, la divulgación de información es extremadamente importante porque la rapidez con la que ocurren estos eventos impide la intervención directa de los gobiernos locales durante el desastre. Es mejor que la población local tenga acceso a la información que necesita para tomar acciones en el caso que ocurra un deslave. Más allá, la comunidad debe involucrarse directamente, a través de la formación de comités de acción local, en la evaluación y reducción de riesgos. En otras palabras, los mejores resultados de reducción de riesgos se alcanzan cuando se aprende acerca de los riesgos, se entiende la frecuencia y el impacto de éstos, y se trabaja con el gobierno local, las agencias como CONRED y las ONGs, en desarrollar un plan apropiado.

De acuerdo a nuestro conocimiento, estos pasos cruciales no han sido llevados a cabo en la comunidad de Panabaj. Un paso crucial es el de formar y apoyar dichos grupos. Por ejemplo, en las laderas del volcán Cotopaxi en Ecuador los grupos y comités locales son el mecanismo principal para la distribución de información a las personas que viven en áreas en riesgo de ser afectadas por futuros flujos de escombros, creando programas de educación y divulgación en las escuelas y planificando el desenvolvimiento de éstos para minimizar los riesgos. *Nosotros recomendamos firmemente que el desarrollo de la educación, la divulgación, y la participación directa de la comunidad en la toma de decisiones, sea apoyada por el gobierno local, CONRED y las ONG que trabajan en la comunidad de Panabaj.*

## **Reubicación**

Los albergues temporales y las nuevas viviendas planificadas están ubicadas a casi 150 metros de los márgenes del flujo Occidental. Debido a que los albergues temporales y las nuevas viviendas están ubicadas en el mismo abanico aluvial en el que ocurrieron los flujos de escombros de octubre, no hay manera de que estas áreas se consideren como seguras de deslaves u otros fenómenos similares en el futuro. Por un largo período de tiempo, (podría decirse cientos de años) el área completa del abanico aluvial será inundada por flujos de escombros y deslaves. En cualquier año, cualquier lugar del abanico aluvial está en riesgo potencial de que ocurran deslaves. En un futuro muy cercano, los deslaves de pequeña magnitud en el abanico aluvial podrán ser más frecuentes que lo normal, debido a la inestabilidad de las laderas creada por los flujos de escombros de octubre de 2005.

Además, los albergues temporales y las viviendas planificadas están ubicadas en una parte del abanico que se encuentra topográficamente debajo de un canal abandonado. Este canal, que cruza a través del abanico aluvial, fue alguna vez un drenaje activo. Este canal ha sido abandonado (se seco), porque el canal de arriba ha erosionado a un nivel más profundo.

Sin embargo, en el caso de que un gran flujo de escombros ocurra, este canal abandonado puede reactivarse. Este canal proporciona un paso para que un flujo de escombros de gran volumen alcance e inunde los albergues temporales y la comunidad cercana, si no se toman los pasos necesarios para reducir los riesgos, y ciertamente habrá más fatalidades.

Más allá, los flujos Occidental y Oriental han elevado la topografía en algunas partes del abanico aluvial, debido a la deposición de arena y rocas. Como resultado, algunas áreas que fueron inundadas por estos deslaves están ahora más susceptibles a futuros flujos de escombros que antes. En otras palabras, las áreas que no fueron inundadas en el mes de octubre de 2005 no están necesariamente a salvo.

**Es por eso, que se recomienda firmemente no fomentar la construcción de asentamientos permanentes en estas áreas.**

En vez de esto, se debe buscar un lugar ubicado en áreas tradicionalmente pobladas o en ubicaciones topográficamente más altas, como los viejos depósitos de lava en la parte norte próxima a la ubicación actual de la población. El flujo de escombros Oriental inundó la estación de policía, la clínica médica, la escuela, y otros edificios que se encontraban a su paso. Estas estructuras, aunque no fueron destruidas completamente, sufren de daños y están ubicadas en un área peligrosa y susceptible a futuros deslaves. Se recomienda que estos lugares sean abandonados, y que estas instalaciones sean reconstruidas en un área elevada, lejos del abanico aluvial. No solo la propiedad y sus ocupantes estarán en menos riesgos de sufrir futuros deslaves, sino también animará a las personas a que se establezcan en las proximidades de las estructuras y por consecuencia, en lugares más seguros que el abanico aluvial.

Históricamente, dichos programas de reubicación no han tenido buenos resultados porque con frecuencia éstos disminuyen los estándares de vida. Una de las formas para evitar algunos de los problemas de confrontación, que se presentan con la reubicación, es el involucrar directamente a la comunidad en la toma de decisiones, como lo discutimos previamente, y proporcionar incentivos razonables para la reubicación. En otras palabras, los recursos deben ser destinados para facilitar la reubicación de personas desplazadas en áreas cercanas, fuera del abanico aluvial.

### **Construcción y Barreras para Deslaves**

Aunque los incentivos y los apoyos económicos sean razonables para la reubicación de alguna parte de la comunidad de Panabaj, es inevitable que un número significativo de personas decida quedarse en el abanico aluvial. Estas familias estarán en riesgo, porque eventualmente todas las áreas del abanico aluvial sufrirán de flujo de escombros o deslaves, como parte de un proceso natural de sedimentación. Dicho esto, podrá pasar un período significativo de tiempo (por ejemplo, décadas) antes de que vuelva a ocurrir un flujo de escombros de esta magnitud. Debido a que las personas escogerán vivir en el abanico aluvial, y porque el tiempo que pase entre un flujo de escombros y otro puede ser largo, se debe pensar muy bien en el diseño de la comunidad para que pueda soportar el impacto de un flujo de escombros de volumen pequeño, (debe tomarse en cuenta que actualmente no existe un diseño de estrategia para reducir los efectos de un flujo de escombros de gran escala que pueda impactar en el área, aunque la probabilidad que éste ocurra es muy baja).

A corto plazo, si el sitio de los albergues temporales y las nuevas viviendas planificadas tiene que usarse, se deben tomar medidas para reducir los riesgos. Es posible reducir los riesgos de un flujo de escombros de volumen pequeño (en el orden de  $10^5$  m<sup>3</sup> o menos) con la construcción de canales de borda o de barreras similares para los flujos.

Se debe tomar en cuenta que se construyeron nuevos canales de borda en la boca del canal oeste en mayo de 2006. Estos canales de borda son diseñados para desviar la corriente lejos de los sitios de los albergues temporales y de las nuevas viviendas. Desafortunadamente, estos canales de borda terminan antes de lo que era el campo de fútbol en el pueblo de Panabaj, y la corriente se dirigirá hacia los restos del centro del pueblo donde algunas personas están ya reconstruyendo sus casas y otros edificios, y donde algunos residentes de Panabaj permanecen en casas que no fueron muy afectadas por los deslaves de octubre. A pesar de que los canales de borda son una precaución apropiada y deberían desviar pequeñas corrientes lejos de los albergues temporales, éstos deben ser extendidos a todo lo largo del pueblo para poder proteger a aquellos que han reconstruido en el área de peligro. Aunque nosotros hacemos énfasis en que no se fomenten las nuevas construcciones en el área del abanico aluvial, estamos conscientes que algunas personas van a reconstruir en esta área. Creemos que es importante que la construcción de nuevos canales de borda no aumente el riesgo de inundaciones por deslaves de lodo en áreas donde las personas están reocupando la tierra.

Por consiguiente, los canales de borda y/o los canales deben ser extendidos más abajo del antiguo campo de fútbol, por lo menos, hasta atravesar la carretera pavimentada más allá del área habitada del pueblo.

La divulgación de información al público puede ayudar también en este caso. Mientras las personas están reconstruyendo en esta área ellas pueden ser alentadas a adoptar diseños que puedan reducir el impacto de flujos de escombros. Éstos incluyen la construcción de paredes gruesas de piedra que sean anguladas para desviar corrientes, la construcción de fosos y otras estrategias relacionadas.

Sobre todo, cada familia que viva en estas áreas necesita ser informada de los peligros y deber ser alentada para desarrollar un plan familiar que enfrente futuras emergencias.

Bajo ninguna circunstancia se debe reconstruir ladera arriba de donde se ubicaba la Estación de Policía, o a 300 m de la boca del canal del flujo Occidental (por ejemplo, arriba del campo de fútbol) ya que estas áreas están susceptibles a inundarse con futuros flujos de escombros. En estas áreas, estanques de contención pueden ser construidos. Los cultivos pueden continuar en estas áreas, y los estanques de contención pueden reducir los impactos de pequeños deslaves o eliminar sus impactos completamente.

### ***Recomendaciones para el Monitoreo***

El mayor peligro para la comunidad de Panabaj es que los deslaves (flujos de escombros y deslaves de lodo) de pequeña magnitud son desencadenados por la lluvia. Una estación meteorológica, como la que ya está en operaciones cerca de la comunidad de Panabaj, es de vital importancia. Es necesario establecer umbrales para desencadenar advertencias relacionadas a un deslave potencial. Se deben encontrar medios adecuados para transmitir estas advertencias a la población, por ejemplo, por medio de la transmisión de tonos o sirenas. También se debe de tomar en cuenta, que la lluvia y la infiltración de agua en la tierra pueden variar de la cima de los volcanes a la orilla del Lago de Atitlán. Una estación debe ser ubicada cerca de la cima del volcán.

Tomando en cuenta la proximidad de la comunidad de Panabaj con el volcán Tolimán y los otros volcanes de Atitlán, es poco probable que el monitoreo directo de deslaves sea práctico como primera línea de defensa. No obstante, se recomienda que dicho sistema se construya en los canales por donde pasaron los flujos de escombros más fuertes en el mes de octubre de 2005. En el caso de futuros deslaves, dichos sistemas de advertencia pueden salvar personas que escuchen la advertencia y sepan como responder a ésta (por ejemplo, trasladarse a tierras más altas). Dicho sistema también puede elevar el nivel de conciencia en la comunidad.

Además de estos sistemas de sensores, recomendamos el uso de sismómetros en el área, en el Tolimán, el Atitlán o en ambos volcanes. Los movimientos de masa son generalmente desencadenados por terremotos, y el entender los niveles de energía sísmica que se liberan en la región, puede ser útil en la determinación del nivel de movimiento de tierra que se necesita para que se produzcan movimientos de masas. Además, estos sismómetros pueden darnos indicaciones razonables de que el volcán Atitlán se este reactivando. Es vital tener este tipo de información a la mano, dado que la actividad sísmica o volcánica puede resultar en flujos de escombros de gran volumen.

### **Recomendaciones para Trabajos en el Futuro**

El propósito de este informe es dar un panorama general, un resumen de las actividades de campo, y proporcionar un grupo de recomendaciones que puedan ser puestas en práctica a corto plazo. Sin embargo, está claro que debe llevarse a cabo trabajo adicional. Para comenzar, planeamos continuar puliendo la base de datos topográficos que adquirimos de los índices diferenciales GPS. Estos nos permitirán pulir los cálculos de volumen y también establecer el trasfondo para los modelos numéricos. Con esta información comenzaremos a construir los modelos numéricos utilizando el código TITAN2D, desarrollado en la Universidad de Buffalo. Estos códigos numéricos serán extremadamente útiles para desarrollar una evaluación cuantitativa de los riesgos, que será de gran utilidad para las personas que viven en el área.

Además, es claro que deben buscarse recursos adicionales para poder entender los flujos de escombros desencadenados por las lluvias de la tormenta tropical Stan, desarrollar - *modelos de riesgos* -, esto incluye la adquisición de información de alta resolución digital del terreno, insistir en la educación de la comunidad y la divulgación de información, el desarrollo de estrategias para la reducción de riesgos, incluyendo la reubicación, la construcción de barreras, y el monitoreo. Nosotros estaríamos gustosos de ayudar a OXFAM GB y a CONRED en la búsqueda de este apoyo vital.

### **Resumen de las Recomendaciones**

Por lo tanto las recomendaciones claves que podemos hacer como resultado de nuestro estudio inicial son:

- Destinar inmediatamente recursos significativos para la divulgación de información y la educación de la población. Cada persona y cada familia que actualmente vive en el abanico aluvial necesita un plan de respuesta para futuras emergencias relacionadas con flujos de escombros reales o potenciales.

- Fomentar la reubicación de la mayoría de la comunidad de Panabaj lejos del abanico aluvial. Esta área es demasiado peligrosa para que el gobierno o entidades similares fomenten su desarrollo. Reconstruir las instalaciones que existían en Panabaj (hospital, escuela, estación de policía) en terrenos cercanos que sean topográficamente elevados. Todas las estrategias de reubicación son potencialmente controversiales por lo que la comunidad local debe involucrarse completamente.
- Dado que algunas personas continúan viviendo en el abanico aluvial, se deben desarrollar estrategias para la reducción de riesgos. Esto incluye la construcción de canales de borda y de estanques de contención para reducir los riesgos de flujos de escombros de pequeña intensidad. Estas construcciones deben controlar el flujo hasta por lo menos el lado del lago de la carretera pavimentada. No debe haber ningún tipo de desarrollo, arriba de la ubicación de la antigua estación de policía o en el canal ancho ubicado arriba del campo de fútbol.
- El monitoreo debe incluir la intensidad, la infiltración, y las mediciones sísmicas. Un sistema para el monitoreo de flujos de escombros puede ser muy útil pero no podrá obviar los impactos mayores de los flujos de escombros porque el tiempo que tarda un deslave en bajar las laderas del volcán es muy corto.

Nosotros continuaremos apoyando en mejorar los modelos de flujo, para que puedan ser utilizados en evaluaciones de riesgos cuantitativos y en el desarrollo de estrategias, para encontrar recursos financieros que se necesiten para la implementación de estas recomendaciones.

## **Evaluación de los Términos de Referencia**

En la reunión del 25 de mayo, CONRED nos solicitó que evaluáramos los términos de referencia para el proyecto “Evaluación de Riesgo de Deslaves e Inundación en Santiago Atitlán y sus Áreas Suburbanas Inmediatas”. La empresa Cordillera S.A. está llevando a cabo actualmente este proyecto. En general, estos términos de referencia están sustancialmente completos. Utilizando esta información es posible hacer un análisis básico de riesgos y peligros en la comunidad de Panabaj. Basándonos en las presentaciones en la reunión, está claro que el equipo de Cordillera que trabaja conjuntamente con el equipo de CONRED está haciendo un progreso sustancial en este proyecto. Existen sin embargo áreas a las que se les debe prestar atención adicional.

Primero, el área presentada en la Gráfica 1 de los términos de referencia no es inclusive. Por ejemplo, las áreas en la parte alta de las laderas de los volcanes, donde los deslaves comenzaron, no están incluidas en el estudio del perfil de área (especialmente para el volcán Atitlán). Los lados norte, este, y sur de estos volcanes no están incluidos en el área de estudio, no obstante el hecho de que futuros flujos de escombros puedan inundar las áreas de estos lados de los volcanes, son una probabilidad. Es mucho mejor cubrir más drenajes de los volcanes y un área más amplia, que cubrir drenajes individuales con mucho detalle. Por ejemplo, el requerimiento de perfiles cada 250m es excelente, pero sería mejor espaciar los perfiles para cubrir más drenajes.

Segundo, como se ha indicado a lo largo de este informe, la divulgación de información y la educación a la población es una parte esencial de cualquier estrategia de reducción de riesgos. Nos parece apropiado que esta evaluación de los riesgos y peligros incluya una evaluación de cuanto la población entiende de los riesgos en la región y del desarrollo de estrategias para la divulgación de información basados en esta evaluación. De otra manera, la evaluación de riesgos y peligros no podrá ser accesible a aquellos que más la necesitan entender. Nosotros nos damos cuenta que mundialmente las agencias involucradas en estas evaluaciones de riesgos y peligros están cada vez más convencidas del compromiso que se debe tener en la divulgación de la información al público. Instamos a CONRED a explorar las oportunidades para la divulgación al público como parte de este proyecto.

Tercero, sugerimos firmemente que se hagan enmiendas a los términos de referencia para que incluyan mecanismos para expandir el estudio del área a otras partes del Lago de Atitlán y que incluyan planes de seguimiento a largo plazo en materia de monitoreo y de evaluaciones depuradas.

La reducción de riesgos no es una propuesta a corto plazo y CONRED debería considerar detenidamente como utilizar estrategias a largo plazo para reducir el riesgo en las áreas susceptibles.

**Evaluación de Deslaves  
del 5 de Octubre de 2005  
en Panabaj,  
Santiago Atitlán, Sololá  
y Recomendaciones  
para la Reducción de Riesgos**

Coordinación  
*Saskia Carusi*  
*Juan Skinner*

Traducción del inglés  
*Astrid Maria Rodas*

Diseño y Diagramación  
*Néstor Pérez • 54116229*

Impresión  
*Comunicación Integrada*  
*comunite@itelgua.com*

Primera Edición  
*500 ejemplares*  
*Octubre de 2006*



**FIU**  
FLORIDA INTERNATIONAL UNIVERSITY  
*Miami's public research university*



**WINROCK**  
INTERNATIONAL  
Putting Ideas to Work



**Emergency Capacity Building Project**  
A collaborative effort of the Interagency Working Group on Emergency Capacity



COMISION EUROPEA



Ayuda Humanitaria