



ANÁLISIS DE DATOS SÍSMICOS DE THURWIESER 2004 ITALIA

Lagunas-Ocón, A.D.¹

alma.lagunas@geociencias.unam.mx

¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Blvd. Juriquilla 3001. Col. Juriquilla, 76230, Santiago de Querétaro, México.

RESUMEN:

En los Alpes Centrales Italianos ocurrió un deslizamiento de tierra llamado Thurwieser el 18 de septiembre del 2004, esta avalancha de roca fue de 2.5Mm^3 , se han estimado las velocidades frontales y el tiempo de duración del deslizamiento a partir de los datos obtenidos en dos estaciones sísmicas de banda ancha Four y Berni. Con la información que aportan estas estaciones se han generado espectros y espectrogramas que han permitido hacer una descripción detallada del tiempo, la velocidad y frecuencia, además se ha interpretado que son dependientes de la inclinación del terreno. Este trabajo ha permitido rectificar la información proporcionada por varios autores como Favreau, P. et. al., (2010) quien ha concluido que el deslizamiento de tierra duró entre 75 y 90s con una velocidad frontal 60-65 m/s. Al término de este trabajo se ha concluido que a pesar de que la avalancha de la punta Thurwieser ha sido la única que se ha presentado, podrían ocurrir otras similares. Los mismos materiales, las mismas condiciones y los mismos escenarios, generan los mismos desastres naturales.

1. INTRODUCCIÓN:

Los deslizamientos convierten la energía potencial en energía cinética, son agentes importantes en el cambio topográfico y en la evolución del paisaje. Son deformaciones de la superficie terrestre que reflejan los patrones de deformaciones sísmicas, climáticas y litosféricas en terrenos

con una pendiente elevada. Generalmente los agentes detonantes y productores de sedimentos son: terremotos, tormentas de lluvia, el deshielo o derretimiento de nieve y el corte de laderas (Korup, O. L. I. V. E. R. 2012).

Las redes sísmicas permiten detectar y monitorear los

deslizamientos, así como también determinar que tipo de agente detonador los ocasionó. Con la información que proporcionan las redes sísmicas se lleva a cabo un proceso de digitalización que permite interpretar los datos que proporcionan las estaciones sísmicas y determinar el riesgo en que se encuentra la zona.

Avalancha registrada y señal sísmica: La avalancha de roca de 2.5 Mm³ Punta Thurwieser ocurrió a las 13:41 pm, del 18 de septiembre del 2004 en los Alpes Centrales Italianos [Sosio et al., 2008]. Las rocas viajaron a 2.9 km de la fuente (N46.495, E10.526), a lo largo de Merévalley y los 650 m superiores estaban cubiertos por el glaciar Zeburu. A lo largo del recorrido de la avalancha, pendiente varía de 42° en la parte más inclinada a 9°, en la plataforma de los glaciales Zeburu la pendiente se vuelve un más inclinada 29° en 500 metros de altura. La avalancha pasa por un pendiente más suave de 15° en los últimos 1000 metros. Este es el único evento de este tipo que se ha registrado, en un video, lo que proporciona mediciones precisas de la duración del deslizamiento de tierra (75-90s) y la velocidad frontal 60-65 m/s. (Favreau, P. et. al., 2010). La avalancha de Thurwieser consiste principalmente en rocas secas y rotas mezcladas con algunos bloques de hielo que generan una fricción empírica por lo tanto se espera un comportamiento típico de los flujos granulares secos. Para el deslizamiento de tierra natural con un

volumen ≥ 1 Mm³, el ángulo empírico de fricción es generalmente más pequeño que el típico ángulo de fricción de material natural (pendiente $\geq 30^\circ$) [por ejemplo, Pirulli y Mangeney, 2008].

En este trabajo se digitalizaron los datos que han sido registrados a partir del deslizamiento Thurwieser en las estaciones Berni y Fuorn, cada una de éstas cuenta con los canales: HHE, HHN y HHZ. Estas estaciones se localizan en Suiza a unos 24 y 39 km de la fuente y corresponden a estaciones de banda ancha.

El procesamiento de señales puede proporcionar información relevante sobre la dinámica de los flujos y las pendientes inestables, puede permitir una advertencia oportuna o la identificación de patrones precursores que podrían llevar al colapso (Amitrano et al. 2005; Coviello et al. 2015; Feng 2012; Suriñach et al. 2005) teniendo esto en cuenta es que se ha decidido analizar la información generada a partir de las estaciones Berni y Fourn.

1.2 OBJETIVO:

El objetivo general de hacer investigaciones que involucren el análisis dinámico de flujos gravitacionales es generar herramientas para la detección de inestabilidades naturales, para predecir la velocidad y la extensión de la velocidad de salida de derrumbes. El objetivo particular de este trabajo es proporcionar estimaciones de la velocidad, el tiempo de duración y la frecuencia de

las ondas del deslizamiento de tierra, a partir de las señales sísmicas generadas por la avalancha de roca y registradas en las estaciones Fourn y Berni a medida que esta información permita conocer la dinámica y el comportamiento del flujo.

1.3 MARCO GEOLÓGICO Y LOCALIZACIÓN:

La avalancha de roca de Thurwieser ocurrió en el flanco Sur de Punta Thurwieser (3658 m.s.n.m.) y afectó el valle de Maré, el valle principal Zebrú a 20 km del pueblo de Bormio (valtellina), en los Alpes Centrales Italianos.

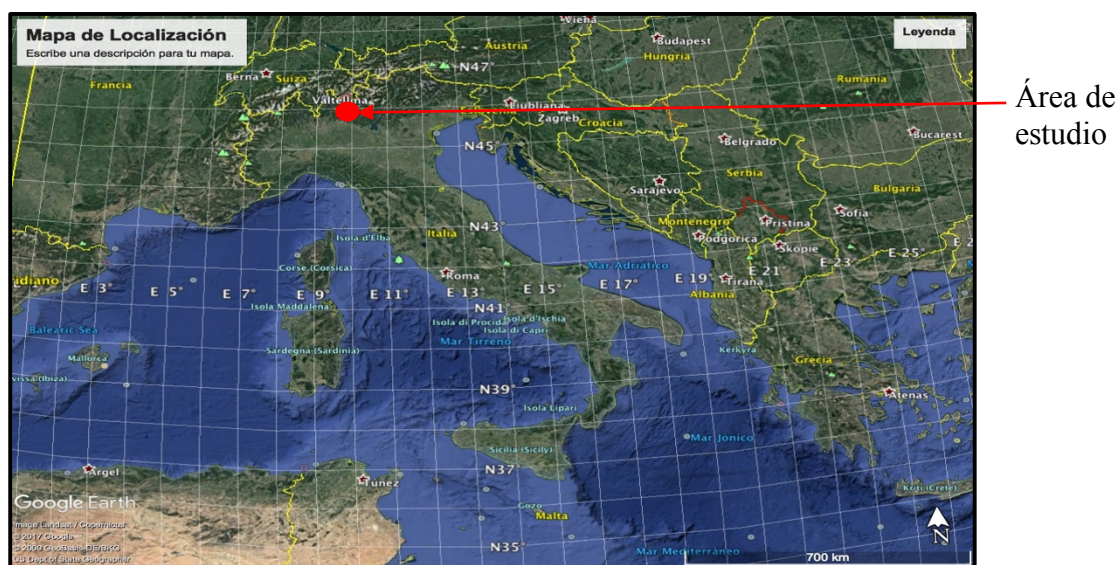


Fig. 1.3 La imagen muestra la localización de los Alpes Centrales Italianos, sitio donde ocurrió la avalancha de roca Thurwieser.

El valle Zebrú es un valle con tendencia NE, de 10 km de largo, presenta una elevación que oscila entre 1350 y 2500 m.s.n.m. con algunos flancos de hasta 3859 m.s.n.m. La morfología del valle ha sido formada por procesos glaciales y fluviales. La mayoría de valles todavía están cubierto parcialmente por glaciales (Zebrù, Gran Zebrù y Confinale). El valle sigue la línea tectónica de Zebrú, que divide al Paleozoico campo Nappe en el Sur y el Mesozoico Campo Nappe en el

Norte. La línea Zabrú cruza el lado derecho del valle en una elevación que varía desde 2200 m hasta 2400 m.s.n.m. El campo Nappe consta principalmente de paragénesis de filita con intercalaciones de mármol, anfibolitas y algunos pórfidos. En Nappe Norte presenta dolomías plegadas y falladas con intercalaciones de caliza, predominando la dolomía, se encuentra intrucionado por rocas terciarias.

La punta Thurwieser está constituida principalmente por calizas negras muy estratificadas (margas, pizarras y brechas), presenta algunas laminaciones y están intensamente deformadas, tiene intercalaciones de dolomías grises y presenta pliegues a gran escala e interrupciones abruptas (Sosio, R., et. al., 2008).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando las señales sísmicas generadas por el deslizamiento de tierra Thurwieser, se ha construido un espectro y espectrograma de las estaciones Berni y Fuorn, en el programa Julia y utilizando las librerías: PyPlot SeisIO que permiten

leer datos sísmicos.

3 RESULTADOS:

La señal sísmica generada por la avalancha fue registrada por dos estaciones sísmicas Streckeises STS-2 de banda ancha, Fourn (N46.62, E10.26) y Berni (N46.41, E10.02), localizadas en Suiza a unos 24 km y 39 km de distancia de la fuente (**Fig. 3.1**).

La velocidad del terreno fue de aproximadamente 1×10^{-6} m s⁻¹ en Berni y la duración de la señal sísmológica fue de aproximadamente 150 s con un rango de frecuencia principal de [0-10] Hz.

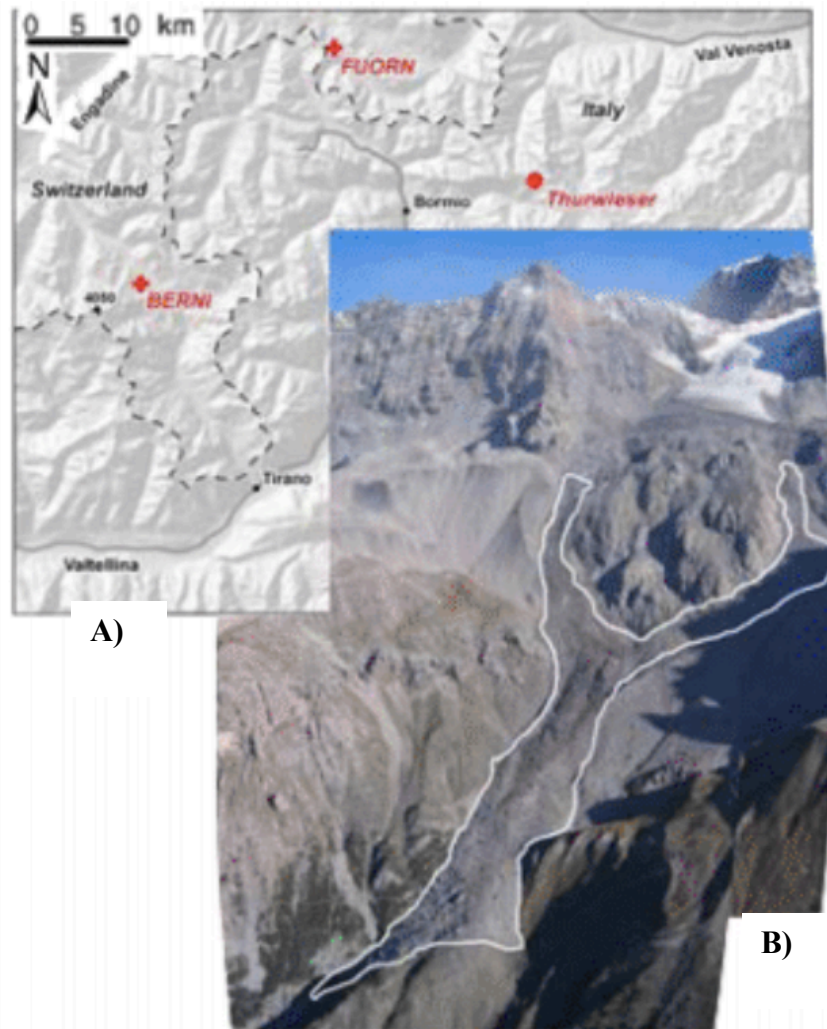


Fig. 3.1 La imagen **A)** muestra la localización de las estaciones Berni y Fourni, así como la localización de Thurwieser. **B)** Muestra el camino que siguió el desplazamiento de roca.

A continuación se muestran los resultados espectrales obtenidos a partir de la digitalización de los datos correspondientes a la estación Berni:

Se observó una señal inicial pequeña con una duración de unos 50

s, quizá generada por la caída de rocas, justo antes de que la avalancha de roca comenzara a fluir [Sosio et al., 2008]. Seguida por un alto fuerte que se observó de 90 segundos (duración del deslizamiento) con un contenido

de baja frecuencia mayor, compuesto por un impulso pequeño de algunos segundos por una amplitud más alta.

La velocidad del terreno fue de aproximadamente 1×10^{-6} m s⁻¹ en

Berni y la duración de la señal sísmológica fue de aproximadamente 150 s con un rango de frecuencia principal de [0-10] Hz.

SEÑAL BERNI, CANAL HHE.

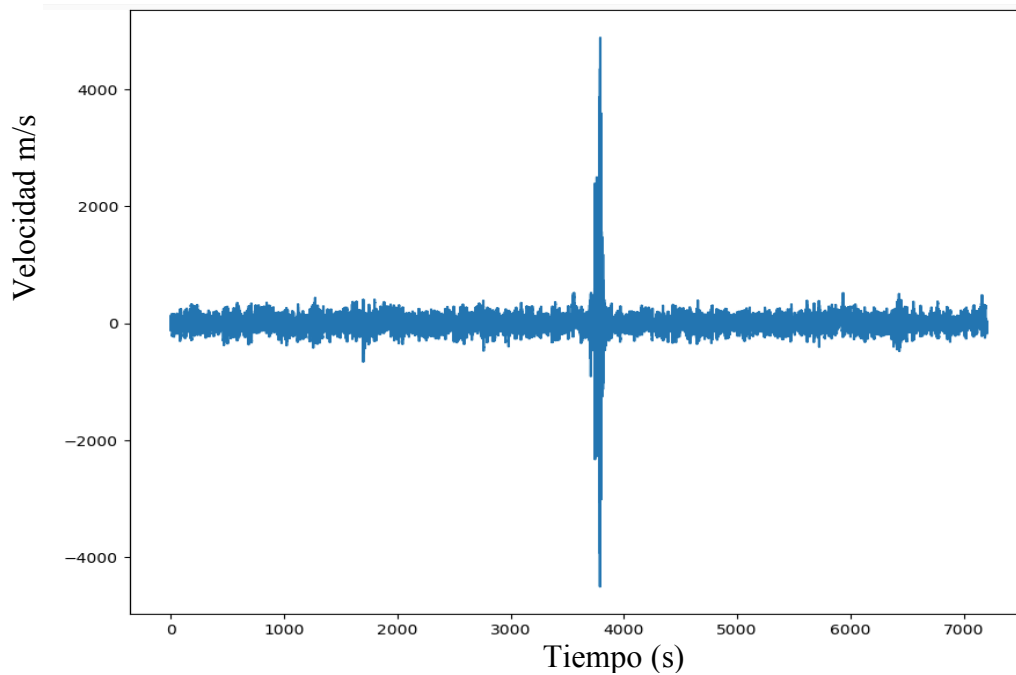


Fig. 3.2 Velocidad del avance vertical de la señal sísmica de Berni, representa los datos en bruto del canal HHE.

SEÑAL BERNI, CANAL HHE.

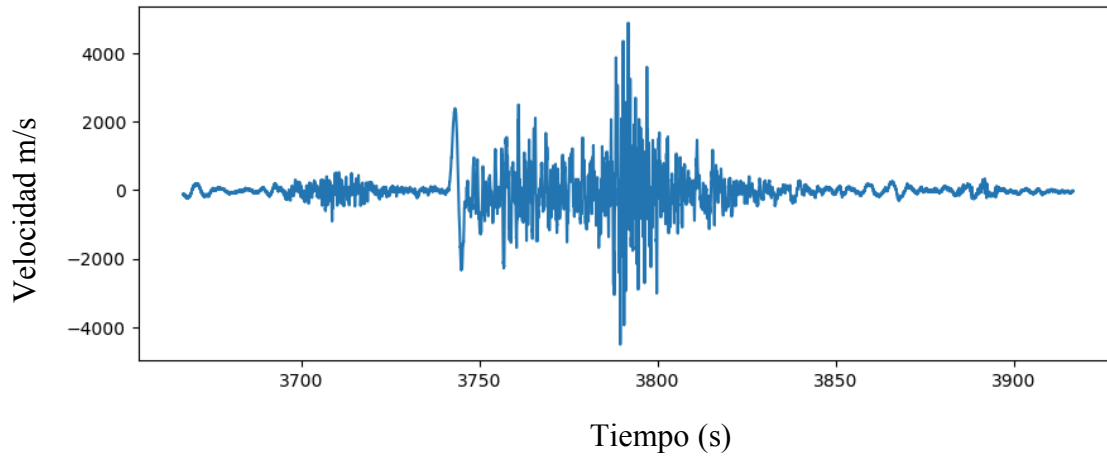


Fig. 3.2 Velocidad del avance vertical de la señal sísmica de Berni, representa los datos del canal HHE.

ESPECTROGRAMA DE BERNI, CANAL HHE.

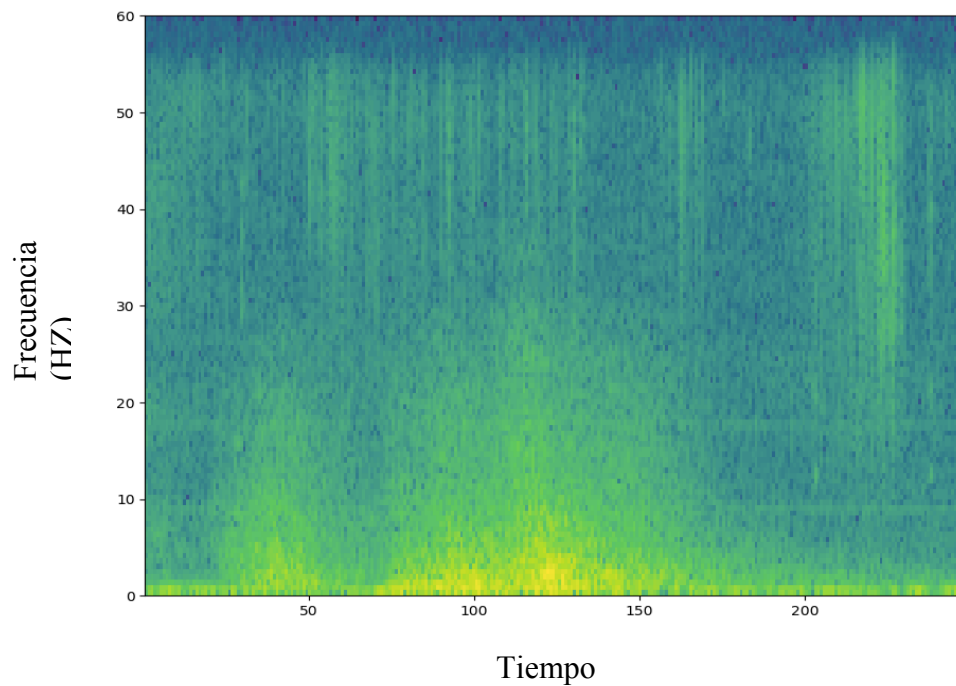


Fig. 3.3 Espectrograma (frecuencia Hz y Tiempo s) de Berni, Canal HHE.

4 DISCUSIÓN:

Las avalanchas de roca se encuentra entre los deslizamientos de flujo más amenazantes debido a sus grandes volúmenes y difusión, por lo tanto cobra muchas vidas humanas y genera grandes costos en estructuras ingenieriles (Hung, 2004; Evans, 2006; Geertsema et al., 2006), por lo tanto encontrar parámetros que permitan describir el tipo de deslizamiento, tiempo de duración y el camino que estos flujos seguirán se ha vuelto una tarea complicada para la comunidad científica.

El flujo de escombros generados por la avalancha Thurwieser ha presentado la misma dinámica en las dos estaciones y en los tres canales de cada estación, por lo tanto se requiere monitorear la zona, para que en caso de que ocurra un flujo de escombros, ya se conozcan los parámetros que lo describen y se consideren.

Los espectros y espectrogramas aportan información importante, que podrían repetirse en caso de que ocurra otro deslizamiento con parámetros similares, el tiempo de duración sería de 150 s con un rango de frecuencia principal de [0-10] Hz. También a partir de estos se logró comprobar que el deslizamiento de tierra duró entre 75 y 90s con una velocidad frontal 60-65 m/s tal como lo mencionó Favreau, P. et. al., (2010).

5 CONCLUSIÓN:

A pesar de que la avalancha de la punta Thurwieser ha sido la única que se ha presentado, podrían ocurrir otras similares. Los mismos materiales, las mismas condiciones, generan los mismos desastres naturales.

Es importante estar monitoreando la zona, para detectar cualquier tipo de deslizamiento que se genere. Tener información espectral y de espectrogramas permite conocer la velocidad, el rango de frecuencia y el tiempo de duración. A partir de estos datos, se puede evaluar el riesgo de deslizamientos de tierra en el que se encuentra el área.

6 AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo se llevó a cabo gracias a la colaboración de los doctores: Velio Covello y Victor Hugo Márquez, investigadores del Centro de Geociencias. Muchas gracias por todo el conocimiento aportado para que este trabajo se llevara a cabo.

7 BIBLIOGRAFÍA:

Amitrano, D., Grasso, J. R., & Senfaute, G. (2005). Seismic precursory patterns before a cliff collapse and critical point phenomena. *Geophysical Research Letters*, 32(8).

Coviello, V., Arattano, M., & Turconi, L. (2015). Detecting torrential

processes from a distance with a seismic monitoring network. *Natural Hazards*, 78(3), 2055-2080.

Favreau, P., Mangeney, A., Lucas, A., Crosta, G., & Bouchut, F. (2010). Numerical modeling of landquakes. *Geophysical Research Letters*, 37(15).

Feng, Z. Y. (2012). The seismic signatures of the surge wave from the 2009 Xiaolin landslide-dam breach in Taiwan. *Hydrological Processes*, 26(9), 1342-1351.

Korup, O. L. I. V. E. R. (2012). Landslides in the Earth system. In *Landslides: Types, mechanisms*

and modeling (pp. 10-23). Cambridge University Press Cambridge.

Sosio, R., Crosta, G. B., & Hungr, O. (2008). Complete dynamic modeling calibration for the Thurwieser rock avalanche (Italian Central Alps). *Engineering Geology*, 100(1), 11-26.

Suriñach, E., Vilajosana, I., Khazaradze, G., Biescas, B., Furdada, G., & Vilaplana, J. M. (2005). Seismic detection and characterization of landslides and other mass movements. *Natural Hazards and Earth System Science*, 5(6), 791-798