



Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos disparados por sismo

DISTRIBUCIÓN FORMATO PDF

| Elaboró: | Revisó: | Autorizó: |
|---|---|--|
| Jacqueline Rivera Especialista en Pronóstico de Impactos | Douglas Hernández Coordinador de Monitoreo Geológico | Luis Eduardo Menjivar Director de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales |
| | Manuel Díaz Gerente de Geología | 31/08/2020 |





ÍNDICE

- I. OBJETIVO..... 3
- II. CAMPO DE APLICACIÓN 3
- III. DEFINICIONES 3
- IV. MATERIALES Y EQUIPO 4
- V. DESCRIPCIÓN..... 4
 - 1. Metodología de evaluación probabilista..... 4
 - 2. Metodología de evaluación heurística 5
- VI. PROCEDIMIENTO..... 5
 - 1. Criterios para la evaluación de probabilidad y amenaza de deslizamientos inducidos por sismo..... 5
 - 2. Procedimiento para la generación de mapa probabilista de deslizamientos disparados por sismos..... 6
 - 3. Procedimiento para la generación de mapa heurístico de deslizamientos disparados por sismos..... 9
 - 4. Difusión de la información 11
- VII. REGISTROS..... 12
- VIII. HOJA DE CONTROL DE MODIFICACIONES 12



I. OBJETIVO

Realizar la evaluación de amenaza por deslizamientos disparados por sismo mediante aplicaciones informáticas (scripts) para la difusión de la información.

II. CAMPO DE APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable por el área de monitoreo geológico del MARN, en el momento que ocurre un evento sísmico que genere intensidades instrumentales mayores o iguales a V para el fallamiento local del territorio o mayores o iguales de VI para eventos regionales. Inicia con la elaboración del mapa probabilista de deslizamientos y finaliza con la difusión de la información.

III. DEFINICIONES

Aceleraciones pico del terreno (PGA): Parámetro que indica el nivel de movimiento fuerte del terreno registrado durante un sismo. Es una medida del cambio de la velocidad del terreno en función del tiempo.

CAFFGS: Sistema de Guía de Inundaciones Repentinas para Centroamérica (Central América Flash Flood Guidance System)

DEM: Digital Elevation Model (Modelo de elevación digital del terreno).

Deslizamiento: Es el movimiento, hacia abajo de una ladera, de una masa de suelo o roca el cual ocurre principalmente sobre una superficie de ruptura o falla (debilidad del terreno).

Fricción interna de un suelo, es el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal aplicada a dicho plano. Los valores de ángulo de fricción interna pueden variar de 0° (para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido), hasta 45° o más (para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares).

Índice Topográfico Compuesto (CTI) – (Compound Topographic Index, por sus siglas en inglés), es un índice de humedad estático, función de la pendiente del terreno y el área ortogonal aguas arriba que se encuentra contribuyendo a la dirección del flujo, diseñado para catenas de ladera.

LIDAR: Light Detection and Ranging. Técnica de teledetección que se utiliza para el análisis de la superficie del terreno.

Scripts: Aplicaciones informáticas o programas escritos en un lenguaje de programación específico.

Python: lenguaje de programación que tiene estructuras de datos de alto nivel eficientes y un enfoque simple.

Shakemap: Mapa de intensidad sísmica instrumental.





Sismo: Es un fenómeno de sacudida brusca de la corteza terrestre producida por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas, como producto de la interacción de placas tectónicas, ruptura de fallas geológicas o actividad volcánica.

SNPC: Sistema Nacional de Protección Civil.

IV. MATERIALES Y EQUIPO

- Una computadora con sistema operativo Windows, con acceso a internet.
- Software ArcGIS.
- Aplicaciones escritas en Python (Scripts) para la elaboración de mapas de amenaza a deslizamientos.

V. DESCRIPCIÓN

Las herramientas del proceso de evaluación de la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos disparados por sismos, se encuentran operativas en la computadora de monitoreo Geológico, ubicada en el Centro de Monitoreo de Amenazas Naturales del Observatorio Ambiental del MARN. La evaluación puede ser realizada bajo una metodología probabilista y una heurística.

1. Metodología de evaluación probabilista

Para esta evaluación se ha desarrollado una aplicación informática (script) en código Python, para generar mapas de probabilidad de ocurrencia de deslizamientos por sismos. La metodología empleada para la elaboración del mapa es de tipo probabilística, en donde los parámetros que utiliza el cálculo es la pendiente del terreno, ángulo de fricción del suelo, el índice topográfico del terreno (CTI) y las aceleraciones pico del suelo, de acuerdo a la metodología propuesta por Nowicki (2014). El flujograma de la Figura 1 muestra este proceso:

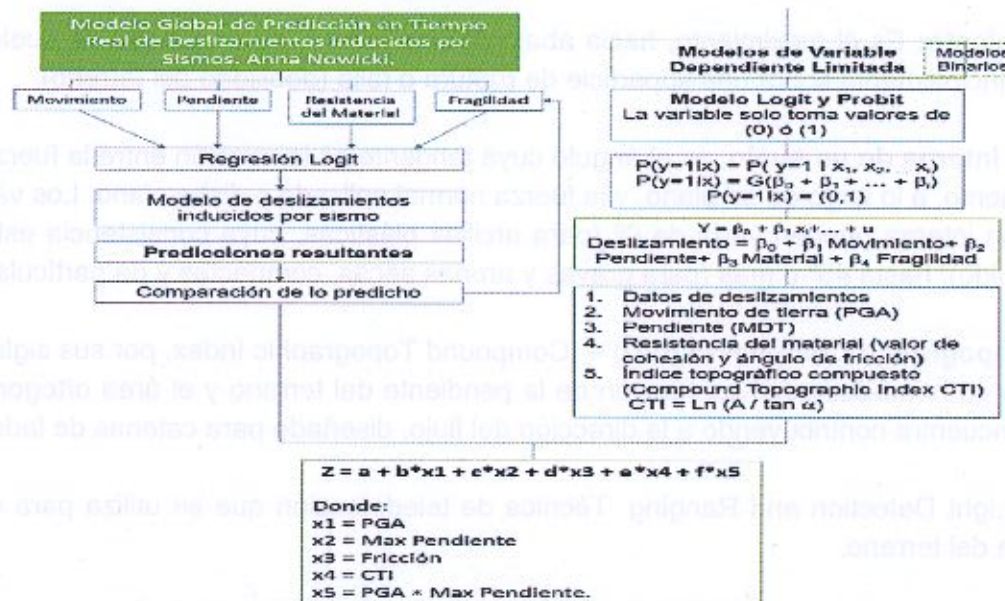


Figura 1: Flujograma de metodología probabilista empleada para el cálculo de la amenaza de deslizamientos disparados por sismos.

El DEM utilizado fue generado con datos LIDAR, con una resolución espacial de 10 metros. El CTI está altamente correlacionado con varios de los atributos del suelo, tales como la profundidad del horizonte, porcentaje de limo, contenido de materia orgánica, y fósforo. Del Modelo elevación digital



(DEM), se derivaron la pendiente del terreno (slope), dirección de flujo (Flow Direction), acumulación de flujo (Flow Accumulation), para la obtención del CTI.

Los valores teóricos de ángulo de fricción se toman partir de un mapa previamente clasificado por código geológico (desarrollado a partir de valores índices), en donde se divide el territorio nacional en seis tipos: roca blanda, roca media, roca dura, suelo muy blando, suelo blando, suelo medio y suelo duro.

2. Metodología de evaluación heurística

Esta evaluación considera un factor de susceptibilidad que toma en cuenta la pendiente del terreno, la litología y la humedad actual en el suelo (del modelo sacramento del CAFFGS), y un factor de amenaza dado por la precipitación registrada en las últimas 24 horas y los valores de aceleraciones pico de terreno en expresados en un porcentaje de la gravedad. Estos dos factores se multiplican y son reclasificados en 5 diferentes niveles de amenaza, como muestra la Figura 2.

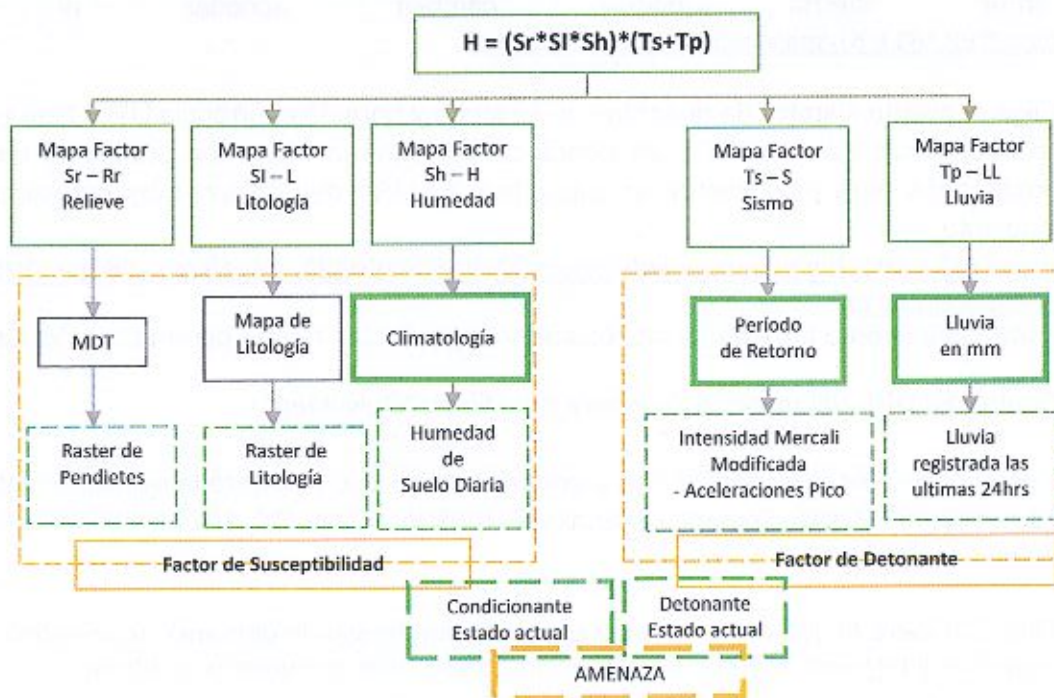


Figura 2: Flujograma de metodología heurística empleada para el cálculo de la amenaza de deslizamientos disparados por sismos

VI. PROCEDIMIENTO

1. Criterios para la evaluación de probabilidad y amenaza de deslizamientos inducidos por sismo

Se construye el mapa de amenaza de deslizamientos disparado por sismo siempre que se cumpla lo siguiente:

- Evento con origen en el fallamiento local del territorio nacional, que genere intensidades de V de acuerdo con el mapa de intensidad instrumental evaluado.



- b) Evento regional con origen en la zona de subducción (interacción Cocos-Caribe), límite de placas Norteamérica-Caribe; o en los sistemas de fallas de Guatemala, Honduras o Nicaragua, que generen una intensidad instrumental de VI en el territorio nacional, de acuerdo con el mapa de intensidad instrumental evaluado.

2. Procedimiento para la generación de mapa probabilista de deslizamientos disparados por sismos.

Para generar el mapa de probabilidad de ocurrencia a deslizamientos el técnico debe realizar dos pasos principales:

- 2.1. Accede al archivo de aceleraciones pico (PGA).
- 2.2. Accede a la base de datos de Shakemap en <http://192.168.2.8/shakemap/web/shake/archive/>. De forma alterna podría cambiar acceder al servidor <http://192.168.6.61/shakemap/web/shake/archive/>.
- 2.3. Elige el evento sísmico de acuerdo con su fecha y hora de ocurrencia UTC. Con este paso se redireccionará hacia el URL en donde se encuentran todos los productos que han sido procesados para ese evento en específico. El URL deberá ser muy parecido al formato siguiente:
http://192.168.2.8/shakemap/web/shake/20180506190222_56_13241_88059_2018050619073/intensity.html
para cada evento los últimos dígitos variaran por fecha, hora y parámetros del evento.
- 2.4. Dentro del URL del numeral 2, deberá dar clic en "Download".
- 2.5. Con el paso 3 se direccionará hacia un nuevo URL, que mostrará la siguiente sintaxis:
http://192.168.2.8/shakemap/web/shake/20180506190222_56_13241_88059_20180506190723/products.html

Este URL será el que debe ingresar al script cuando este lo demande (copiándolo del buscador y pegándolo en la consola en la que se esté ejecutando la rutina).

La secuencia anterior se resume a continuación:



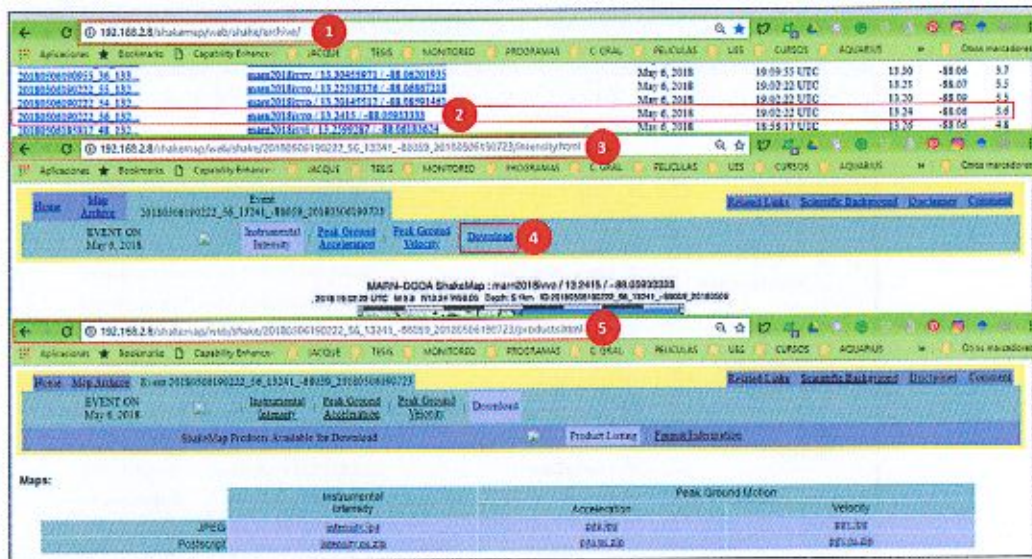


Figura 3: Proceso de obtención de URL para descargar datos de PGA, desde la base de datos de ShakeMap.

- 2.6. Ejecuta el script "SismoDeslizamiento.py" para generar mapa de probabilidad de ocurrencia de deslizamientos disparados por sismos.

La rutina de cálculo está escrita en lenguaje Python, utilizando el módulo ArcPy de argisscripting.

El script se encuentra como acceso directo en la carpeta

C:\Scripts2017\SismoDeslizamiento.py, y puede ejecutarse desde una consola de IDLE (Python GUI).

Posteriormente a la obtención del URL del Shakemap ejecutará el script *SismoDeslizamiento.py*. El script requerirá que copie el URL del Shakemap, obtenido en el proceso del apartado anterior "Descarga de archivo de aceleraciones pico".

Los mapas resultantes se guardarán en la carpeta "**MapaFinalSismo**", en la ruta (C:\Scripts2017\SismoDeslizamiento/MapaFinalSismo). El nombre del mapa se guardará con la fecha y la hora de corrida, con el siguiente formato: "Sismo_250220191041.jpg". Ver Figura 4.

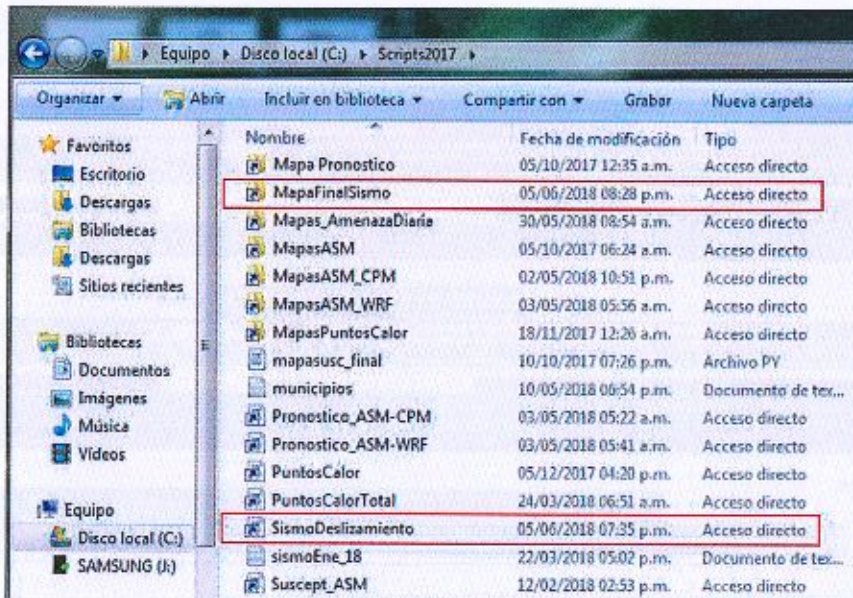


Figura 4: Ubicación del script SismoDeslizamiento.py y la carpeta de donde se guardan las imágenes.

La clasificación de la amenaza varía desde la categoría Muy Baja o Nula en color verde, Baja en color Amarillo, Moderada en color naranja, Alta en color rojo y Muy Alta en color ocre. El mapa generado se mostrará como se muestra en la Figura 5:

Mapa de Amenaza - Deslizamientos por Sismo Metodología Probabilista

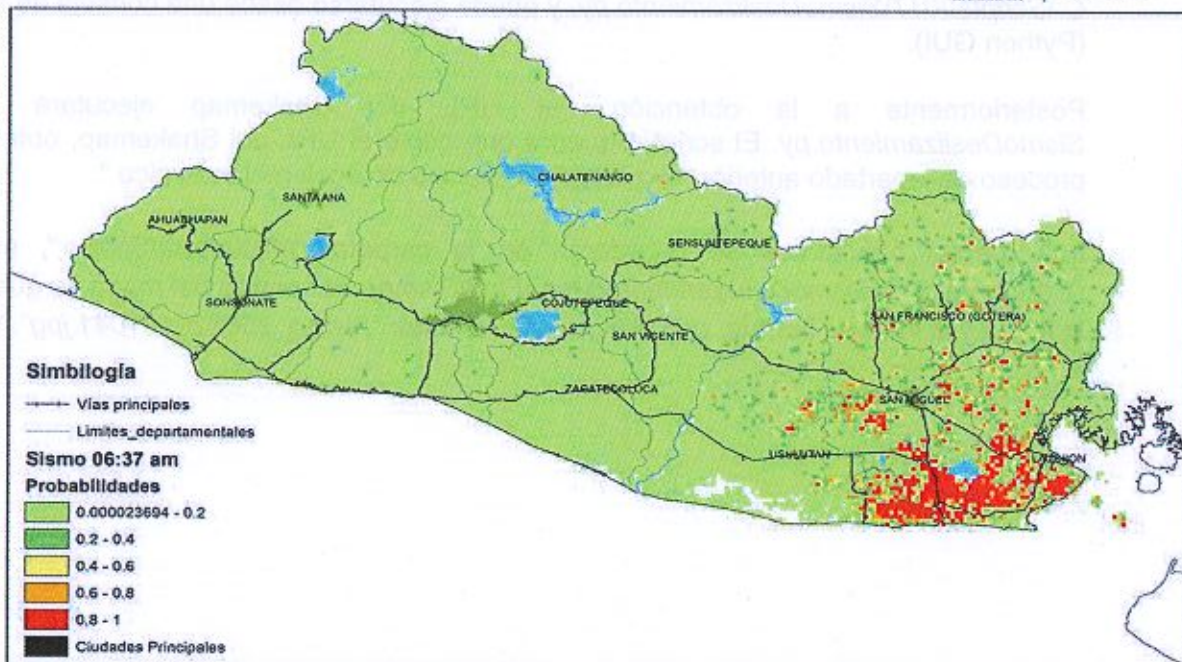



Figura 5. Mapa de probabilidad de deslizamientos disparados por sismos.



| | | |
|--|---|--|
|  <p>MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p> | <p>PROCESO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL SUBPROCESO DE MONITOREO DE FENÓMENOS NATURALES PARA ALERTA TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMIENTO OPERATIVO</p> | <p>CÓDIGO: IAM-MFN-PO-22 PÁGINA: 9 de 12 FECHA: 31/08/2020 REVISIÓN: 0</p> |
|--|---|--|

3. Procedimiento para la generación de mapa heurístico de deslizamientos disparados por sismos

Para generar el mapa de amenaza por deslizamientos el técnico debe realizar los pasos siguientes:

- 3.1. Actualiza el "Grid" de lluvia acumulada más reciente disponible en el Área de Pronóstico Hidrológico del MARN. El Grid de lluvia a utilizar puede ser el de 24 horas si se evaluara un evento sísmico durante la mañana o tarde, o el de 10 horas si fuera por la noche.
- 3.2. Accede al archivo de aceleraciones pico del sismo tal como se indicó en 6.2
- 3.3. Ejecuta el script "Amenaza_ASM_Sismo.py" para generar mapa de amenaza por deslizamientos disparados por sismos. La rutina de cálculo está escrita en lenguaje Python, utilizando el módulo ArcPy de arcgisscripting. El script se encuentra como acceso directo en la carpeta: C:\Scripts2017\Amenaza_ASM_Sismo.py, y puede ejecutarse desde una consola de IDLE (Python GUI).

Durante la ejecución de la rutina, se debe modificar los campos: día, mes, año y la capa de suelo del modelo ASM ("U", "L" y "T"), de acuerdo con lo mostrado en la en la figura 6.

```

day = "11"
month = "08"
year = "2019"
hour = "12"
model = "ASMU06"

```

Figura 6. Campos editables, previo a ejecutar el script.

Considérese que el parámetro "hour" representa la hora de la corrida del modelo en tiempo UTC, y "model =ASMU06" significa que el modelo considera la humedad acumulada por un período de 6 horas.

El modelo de humedad de suelo permite elegir el espesor de capa de suelo, considerando los siguientes casos:

- a) La capa U del modelo de humedad de suelo corresponde a los primeros 30 cm, medidos a partir de la superficie. En general, se utiliza la capa U para el primer período de la época de lluvia, en donde el suelo se encuentra con poca humedad
 - b) La capa L del modelo de humedad de suelo corresponde a los siguientes 70 cm, medidos después de la capa U, y se utiliza para la segunda etapa de la época de lluvia, considerando que el suelo ya posee una humedad acumulada proveniente de la primera etapa de la época de lluvias.
 - c) La capa T del modelo de humedad de suelo corresponde al espesor total (1m medido a partir de la superficie).
 - d) Si la época de lluvias presenta déficit de precipitaciones podría utilizarse la capa U durante todo el período de lluvias.
- 3.4. Los mapas resultantes se guardarán en la carpeta "MapaASM_Sismo", en la ruta (C:\Scripts2017\SismoDeslizamiento/MapaASM_Sismo). El nombre del mapa se guardará con la fecha y la hora de corrida, con el siguiente formato: "MapaAmeSismo_300520191041.jpg". Ver figura 7.



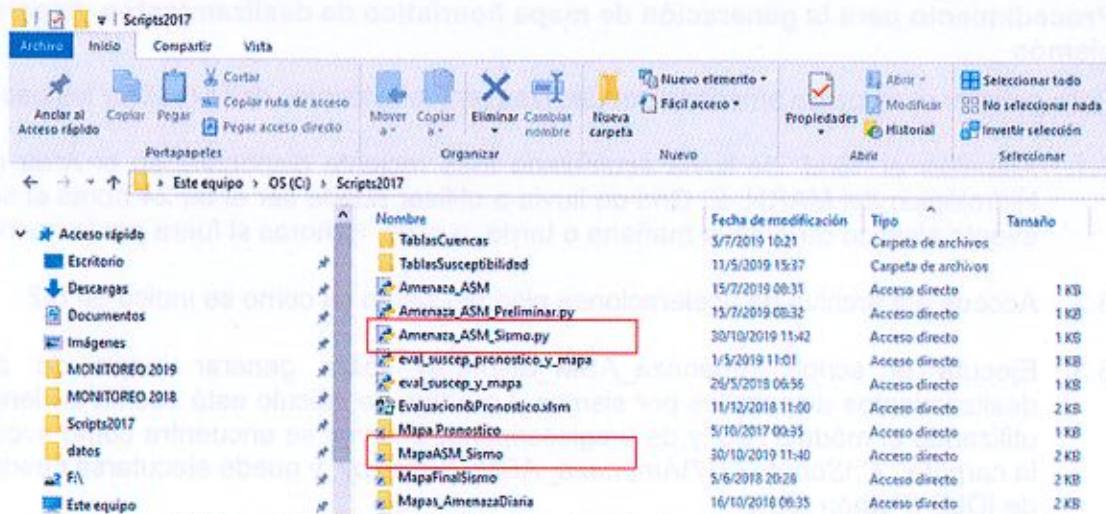


Figura 7. Ubicación del script SismoDeslizamiento.py y la carpeta de donde se guardan las imágenes.

La clasificación de la amenaza varía desde la categoría Muy Baja o Nula en color verde, Baja en color Amarillo, Moderada en color naranja, Alta en color rojo y Muy Alta en color ocre. El mapa generado se mostrará como se muestra en la Figura 8:

Mapa de Amenaza por Deslizamientos por Sismo Metodología Mora - Vahrson Adaptada

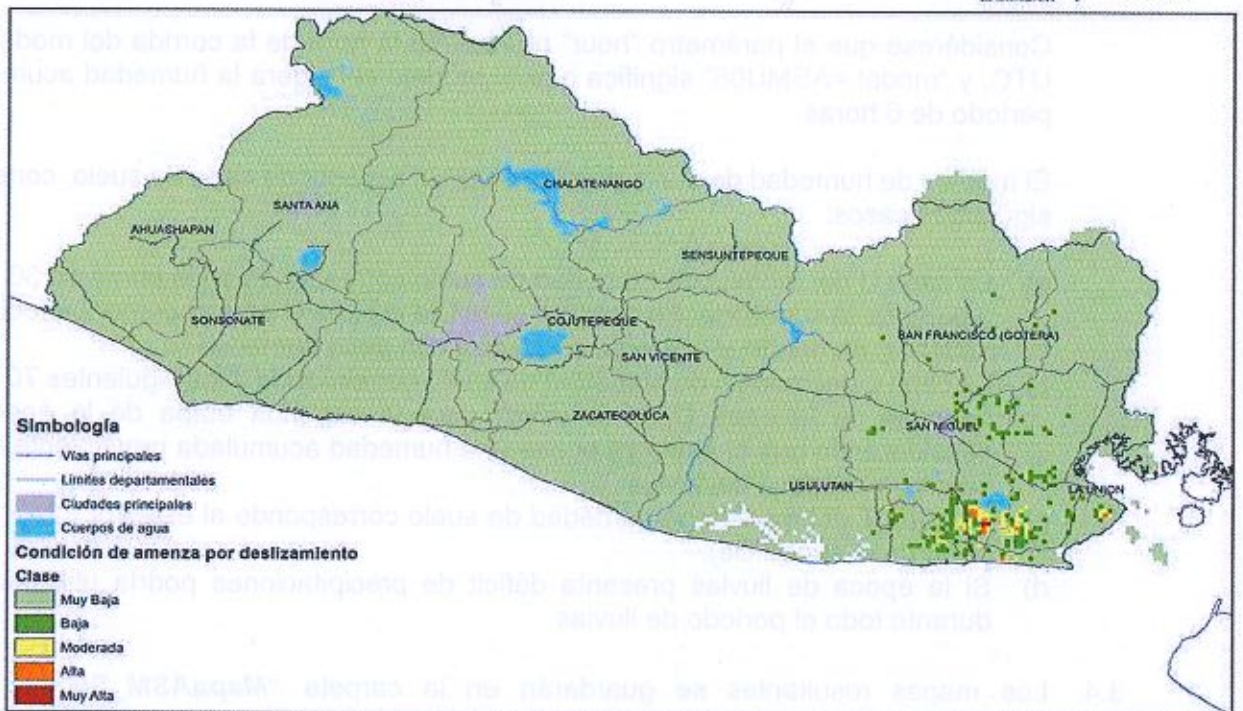


Figura 8. Mapa de nivel de amenaza por deslizamientos disparados por sismos.





4. Difusión de la información

En el caso de ocurrir sismo que cumpla con los criterios mencionados procederá a difundir la información de la siguiente manera:

- a) En época lluviosa, donde rutinariamente se elaboran boletines o informes especiales, se deberá incluir el nombre del municipio o la zona que presente amenaza y las recomendaciones necesarias. Además, publicar mapa en la red de Twitter y radiar a La Dirección General de Protección Civil SNPC.
- b) En época seca, debido a que no se generan rutinariamente boletines o informes, la información de amenaza de deslizamiento, si es necesario, se agregara en el informe especial del evento sísmico que genera sismología. Además, publicar mapa en la red de Twitter y radiar a La Dirección General de Protección Civil SNPC.





VII. REGISTROS

| CÓDIGO | REGISTRO |
|--------|----------|
| | |
| | |

VIII. HOJA DE CONTROL DE MODIFICACIONES

| REVISIÓN ANTERIOR | REVISIÓN ACTUAL | DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO | FECHA |
|-------------------|-----------------|------------------------|------------|
| - | 0 | Revisión Inicial | 31/08/2020 |
| | | | |

