

Consideraciones geológicas del movimiento en masa en el barrio La Merced de Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador

Geological considerations of mass movement in the La Merced neighborhood of Guaranda, Bolívar province, Ecuador

Jaime Jarrín-Jurado¹, Edwin Quinche²

¹ Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología Minas Petróleos y Ambiental. Quito – Ecuador. E-mail: jjarrinj@gmail.com.

² Instituto de Investigación Geológico y Energético. Quito – Ecuador. E-mail: edwin.quinche@geoenergia.gob.ec.

ISSN: 2661-6998

Fecha de recepción: 22-08-2023

Fecha de aceptación: 16-10-2023

Resumen

En los últimos años, la ciudad de Guaranda se ha visto afectada por fenómenos derivados de procesos geológicos activos, como el hundimiento de la Plaza Roja y el deslizamiento en el barrio Fausto Basantes. Tanto el proceso de subducción como los efectos de las fallas geológicas locales provocan esfuerzos sobre la cobertura y las formaciones geológicas de la región de Guaranda, lo que resulta en movimientos en masa graduales que son imperceptibles en el corto plazo pero que pueden causar daños permanentes e inestabilidad a mediano y largo plazo.

Asimismo, los factores antrópicos combinados con fenómenos naturales como fuertes lluvias y/o sismos aumentan la susceptibilidad del sector a movimientos en masa. El propósito de esta investigación es definir los factores que condicionan y desencadenan el movimiento en masa y formular propuestas técnicas que coadyuven a enfrentar el problema; analizar, gestionar y mitigar las variables para evitar nuevos eventos.

El presente trabajo muestra un análisis e interpretación geológica de los factores condicionantes y detonantes que dieron lugar al deslizamiento suscitado en el barrio La Merced de la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar - Ecuador.

Palabras clave: deslizamiento, factores condicionantes, factores detonantes, movimientos en masa.

Abstract

In recent years, the city of Guaranda has been affected by phenomena derived from active geological processes, such as the sinking of Plaza Roja and the landslide in the Fausto Basantes neighborhood. Both the subduction process and the effects of local geological faults cause stress on the coverage and geological formations of the Guaranda region, resulting in gradual mass movements that are imperceptible in the short term but that can cause permanent damage and instability in the medium and long term.

Likewise, anthropic factors combined with natural phenomena such as heavy rains and/or earthquakes increase the susceptibility of the sector to mass movements. The purpose of this research is to define the factors that condition and trigger mass movement and formulate technical proposals that help confront the problem; analyze, manage and mitigate variables to avoid new events.

This paper shows a geological analysis and interpretation of the conditioning and detonating factors that led to the landslide in the La Merced neighborhood of the city of Guaranda, province of Bolívar - Ecuador.

Keywords: landslide, conditioning factors, triggering factors, mass movements.

1. INTRODUCCIÓN

La expresión “*movimientos en masa*” se refiere a todos los movimientos de masa de roca, detritos o tierras que ocurren por efectos de la gravedad, ladera abajo, causados por varios factores, como la erosión, las altas tasas de precipitación, sismos, la deforestación o la construcción e implantación de obras civiles en terrenos inestables [1].

Estos eventos pueden traer consecuencias graves, como daños a la infraestructura, pérdida de vidas humanas y afectación a la economía local e incluso nacional en función de la ubicación, magnitud y alcance de los sedimentos (roca, detritos o tierra). Por lo tanto, es

importante realizar análisis técnicos direccionados a proponer medidas de prevención y mitigación para reducir el riesgo a estos fenómenos.

La ciudad de Guaranda se ha visto afectada por procesos geológicos que han provocado varios movimientos en masa, entre ellos se puede destacar el hundimiento de la Plaza Roja y el deslizamiento en el barrio Fausto Basantes.

Yomar Lombeida (nieta del dueño de El Tambo de la vía Flores) relata que hace 100 o 150 años se produjo un deslizamiento en la parroquia Ascázubi que destruyó parte del barrio El Tambo (actual barrio La Merced) [2].

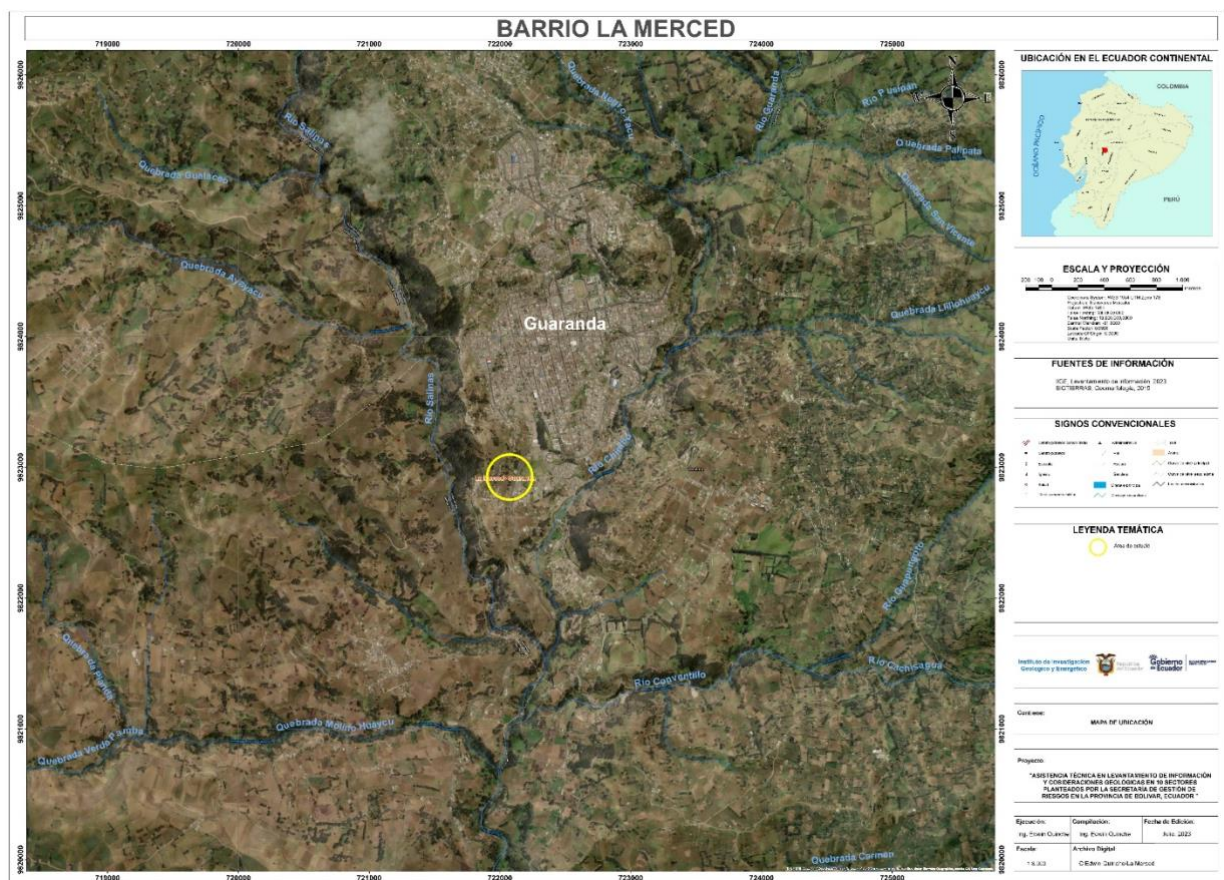


Figura 1. Ubicación del barrio La Merced - Guaranda. [4]

El barrio La Merced se ubica en el flanco suroeste de la cuenca de Guaranda en la parroquia Ángel Polibio Chávez, cantón Guaranda, específicamente en la colina San Jacinto. En la parte baja colinda con la carretera E91 que va de Guaranda a Babahoyo. Las coordenadas que definen el centro del área de estudio en el sistema WGS84, zona 17 sur son; 722065 m E / 9822901 m N, y la elevación es 2630 m sobre el nivel del mar (Figura 1).

Tanto el proceso de subducción, así como la influencia de las fallas geológicas locales, hace que la cobertura y formaciones geológicas de la zona de Guaranda estén

sometidas a esfuerzos, lo que se traduce en mayor o menor actividad sísmica, deslizamientos y hundimientos paulatinos que son imperceptibles en periodos de tiempo cortos, provocando daños continuos en infraestructura y generando la presencia de zonas inestables [3].

La ciudad de Guaranda ha experimentado, en tres ocasiones, sismos de magnitudes de 8 en la escala de Richter. Uno de los eventos de mayor impacto sobre la ciudad y en general sobre esta región fue el terremoto de $M_s=7.9$, ocurrido mar afuera, en el año de 1942 en la

zona de subducción, frente a las costas de Manabí y Esmeraldas. Este, llama la atención porque las localidades más cercanas a la zona epicentral experimentaron aceleraciones de valores menores, evidenciando que hubo un efecto de amplificación de las ondas sísmicas en dicha zona.

Los otros dos eventos que han producido magnitudes de 8 en la ciudad de Guaranda se dieron en 1797 y 1911; y, que están relacionados seguramente con la actividad de la falla Pallatanga, en su segmento más activo a lo largo del río Pangor que se ubica aproximadamente a 26 km al SE de la ciudad. Hay que recordar que el terremoto de 1797 es el evento que mayor destrucción ha producido históricamente al Valle Interandino.

Geológicamente, la Loma San Jacinto se encuentra dentro de los *depósitos volcánicos Guaranda* del Pleistoceno. Dentro de esta unidad geológica se han discriminado tres secuencias bien marcadas de tobas volcánicas (Cangahua de flujo ceniza y pómez, Cangahua de flujo piroclástico y Cangahua de caída de ceniza).

Los factores antrópicos en interrelación con los eventos naturales como altas precipitaciones y/o sismos aumentan la susceptibilidad que tiene el sector a la ocurrencia de movimientos en masa [4].

El Barrio La Merced en Guaranda ha presentado movimientos en masa debido a las malas prácticas y uso inadecuado del suelo, excavaciones y construcciones en taludes con fuertes pendientes sin apego a las normas técnicas que rigen en el país, el manejo inadecuado del alcantarillado y sistema de aguas servidas, además de la ausencia de sistemas colectores de aguas lluvias [5].

Este estudio pretende definir los factores condicionantes y detonantes de los movimientos en masa, generando propuestas técnicas que permitan hacerle frente a la problemática, controlando y mitigando los eventos suscitados; así como también, prevenir la ocurrencia de nuevos movimientos en masa.

2. METODOLOGÍA

La metodología consiste, primeramente, en realizar una revisión bibliográfica de información generada en trabajos técnicos, artículos científicos, tesis de pregrado, tesis de posgrado, mapas, registros históricos, inventarios y publicaciones relacionadas con los movimientos en masa de la zona de estudio, con el fin de tener una visión clara de la Geología, Geomorfología, Sismotectónica, condiciones climáticas y variables que influyen en los movimientos en masa en el sector.

También se utilizaron nuevas tecnologías, como los sistemas de información geográfica (SIG), las imágenes satelitales y las fotografías aéreas, para recopilar información geológica y geomorfológica en los sectores con movimientos en masa. Estas herramientas permitieron el análisis espacial, la evaluación de patrones de drenaje, estructuras geológicas, comportamiento y evaluación multitemporal para delimitar áreas susceptibles y englobar zonas con características similares.

El siguiente paso fue un estudio de campo que consistió en la recopilación de datos primarios en el lugar del evento, levantamiento de puntos de control en el terreno en coordenadas del sistema WGS84. En estos puntos se realizó la observación e identificación de los rasgos geológicos, geomorfológicos, litológicos, estructuras geológicas, pendientes, tipos de suelo, análisis geotécnicos manuales y visuales, resistencia del suelo, color, humedad y estructura, lo que permite evaluar la estabilidad del terreno.

Luego se evaluaron los factores condicionantes como la pendiente, cobertura vegetal, tipo de roca, tipo de suelo, uso del suelo y las discontinuidades geológicas, para posteriormente abordar los factores detonantes como: la actividad antrópica, hidrogeología, levantamiento de surgencias de agua y, con la ayuda de fuentes secundarias, se analizó las precipitaciones y los sismos.

A esto le sigue una fase post campo, donde se procesó, interpretó y analizó la información recopilada en campo. Esto implica realizar actividades encaminadas a la generación de mapas, reevaluar información, revisar y, de ser necesario, corregir apreciaciones previas y preparar información técnica detallada.

Con el análisis integral previo, se deduce el tipo de deslizamiento junto con sus factores condicionantes y detonantes y finalmente plantear las medidas de mitigación y/o monitoreo.

La metodología de levantamiento de información de movimientos en masa puede adaptarse según los escenarios y características específicas de cada evento, además, de las necesidades y detalle que requieran los investigadores. Asimismo, la recopilación de información precisa, oportuna y segura requiere personal técnico capacitado y equipos de medición adecuados.

3. RESULTADOS

El estudio geomorfológico determina la presencia de *vertientes de perfil longitudinal predominantemente rectilíneo* en varios sectores con vertientes cóncavas y convexas, que son fácilmente encañonadas por los

drenajes del área. Estas geoformas espacialmente se encuentran repartidas por todo el cantón Guaranda. El contexto morfológico contempla las zonas deprimidas o abrigadas de las primeras estribaciones de la cordillera occidental, con parcial cobertura piroclástica [6].

Localmente el sitio se emplaza en una vertiente rectilínea de longitud comprendida entre los 250 a 500 metros al este del río Salinas, con pendientes fuertes (40 – 70 %) y desniveles relativos superiores a los 100 metros. A lo largo de las vertientes se puede apreciar varias cicatrices de deslizamientos rotacionales antiguos.

El análisis morfoestructural determina que Guaranda se ubica en la denominada “*Depresión Guaranda*”, misma

que está limitada por tres fallas geológicas, desde la más antigua tenemos: la Falla del Río Salinas (RS), que es una extensión de la Falla del río Chimbo con rumbo aproximado norte - sur, y esta a su vez puede ser considerada un ramal de la Falla Regional Puná – Pallatanga – Riobamba; la segunda falla, es la del Río Guaranda (RG) o Falla Illangama-Guaranda que se localiza paralela a la Cordillera de Chimbo y paralela al flanco oeste de la Cordillera Occidental; y la tercera falla, la quebrada Negroyacu (QNY). [3]

En la figura 2 se puede observar la disposición de las fallas geológicas con respecto al movimiento en masa del barrio La Merced.



Figura 2. Disposición de fallas geológicas con respecto al barrio La Merced [2].

En términos de cinemática, el área de estudio se encuentra influenciada por el sistema de fallas Pallatanga, que constituye la extensión sur de la Falla de Pujilí [7].

La litología del área de estudio comprende depósitos volcanosedimentarios del Cuaternario conocidos como los *volcánicos Guaranda* del Pleistoceno, dentro de los cuales se distinguen tres secuencias de cangahua: 1) cangahua de flujo de ceniza y pómez, 2) cangahua de

flujo piroclástico y 3) cangahua de caída de ceniza. La primera secuencia consiste de un suelo limo arenoso gravoso según la clasificación AASHTO y SUCS, con una cohesión de 10,17 kPa y un ángulo de fricción de 24,19°.

Los tres depósitos sobreyacen al basamento compuesto por una secuencia de brechas, lavas y volcanosedimentos andesíticos pertenecientes a la Formación Macuchi, que se disponen en dirección NO-SE. Estas rocas verdosas se

caracterizan por presentar discontinuidades que se concentran en las direcciones SO-NE, SE-NO y NE-SO, formando bloques que en su mayoría producen fallamientos en cuña y geomecánicamente son rocas de calidad regular (Grado III) [5].

Con la finalidad de caracterizar la composición del material que conforma el cuerpo del movimiento en masa, se realiza la identificación de los horizontes de suelo (Figura 3), se analiza la humedad presente en cada horizonte junto con las texturas y compactación de los mismos.

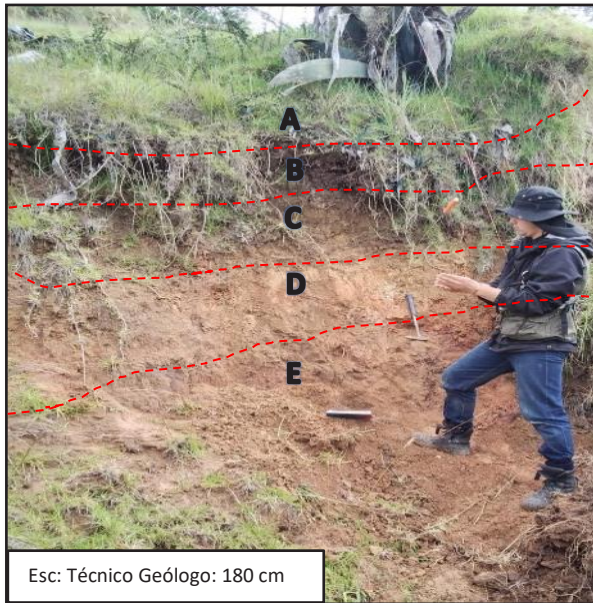


Figura 3. Horizontes de suelo en el barrio La Merced. [4]

Las características de los diferentes horizontes de suelo que se presentan en el área del deslizamiento son las siguientes.

- A. Horizonte Arcillo – Limoso, color pardo grisáceo oscuro, húmedo, poco desarrollado donde se encuentra la vegetación que cubre el sector, medianamente consistente. Espesor: 20 cm.
- B. Horizonte Areno – arcilloso, color marrón rojizo claro, húmeda en ciertos tramos, con poca o nada presencia de raíces, dilatancia media, medianamente consistente. Espesor: 70 cm.
- C. Horizonte Arcillo - Limoso, color marrón grisácea oscuro, presenta poca humedad, medianamente plástica, resistencia en seco media a alta, mediana a altamente consistente. Espesor: 120 cm.
- D. Horizonte Arcillo – Limoso, color marrón rojizo oscuro. Se observa acumulación de elementos de oxidación productor de la infiltración de aguas meteóricas y fragmentos de rocas (tobas) con halos de arcilla de color rojizo, húmeda y poco cementada. Espesor: 150 cm.
- E. Toba, fuertemente fracturada y meteorizada, coloración marrón rojiza oscura, cada fractura presenta un material de relleno arcilloso de color rojizo oscuro, este material constituye la base del talud.

La disposición espacial de los horizontes se esquematiza en el siguiente perfil (Figura 4).

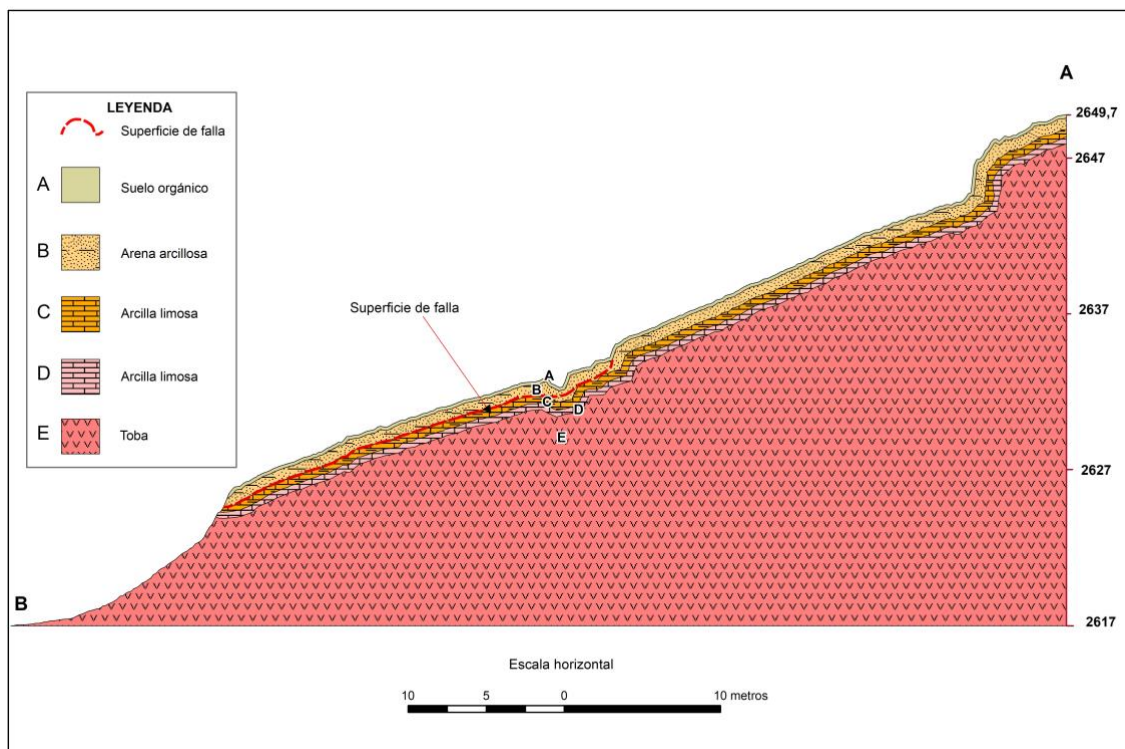


Figura 4. Perfil de horizontes de suelo en el barrio La Merced [4].

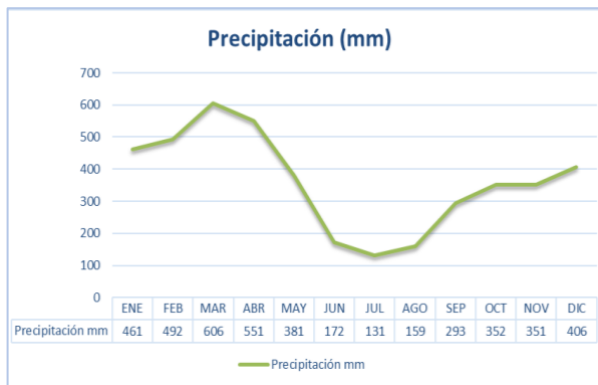


Figura 6. Diagrama de precipitaciones en la ciudad de Guaranda, 1991 - 2021 [8].

La humedad relativa más baja se presenta en el mes de agosto (83.49 %) y los meses con mayor humedad en el periodo de enero a abril (92 %) [8].

El factor antrópico ha sido uno de los detonantes principales en el deslizamiento que actualmente se desarrolla en el barrio La Merced. La construcción de

taludes con pendientes muy pronunciadas sin tener en cuenta el factor de seguridad del material constitutivo, la construcción de carreteras y viviendas en la parte alta que altera la distribución del peso en el talud, el excesivo riego de los cultivos, el uso de pozos sépticos, conexión al sistema de alcantarillado mediante tubos de cemento, la falta de sistemas de colección de aguas superficiales y la ausencia de sistemas de aguas servidas son algunas de las causas que hacen que los suelos se saturen y alteren el nivel freático local, comprometiendo así los horizontes de suelo superficial aumentando el peso y generando inestabilidad.

Por lo expuesto, la gestión adecuada del suelo y la planificación del desarrollo urbanístico pueden ayudar a minimizar el impacto del factor antrópico en los movimientos en masa.

La modificación de la morfología en las laderas para la construcción de viviendas genera taludes inestables, esta es una evidencia directa de la acción antrópica (Figura 7).



Figura 7. Corte de ladera para construcción de viviendas provoca taludes inestables en el barrio La Merced [2].

3.1. Discusión

Al realizar un análisis geológico y geomorfológico de la Loma San Jacinto desde la parte superior (La Guitarra), se puede observar una serie de cicatrices de deslizamientos cuya dirección sureste hace que los mismos afecten a la vía Guaranda – Babahoyo y a las viviendas que se emplazan en la vertiente de esta loma.

Según los parámetros y variables examinados para el deslizamiento del barrio Merced, se puede inferir que la pendiente, el tipo de suelo limo arenoso y gravoso según la clasificación AASHTO y SUCS, de cohesión de 10,17 kPa, ángulo de fricción de 24,19° y la distribución de

horizontes y saturación son los principales factores que condicionan el deslizamiento.

En tanto que, el factor detonante sísmico no muestra relación con el evento, pues no se han registrado sismos que concuerden con las fechas en las que ocurrió el deslizamiento. Por otro lado, los valores más altos de precipitación de los meses de marzo y abril concuerdan con la fecha de reactivación del evento lo que sumado a la actividad antrópica establecen el principal desencadenante del deslizamiento.

El análisis de los movimientos en masa del sector de Guaranda debe realizarse teniendo en cuenta los contextos geológicos, geomorfológicos y estructurales a

nivel regional y no como unidades puntuales e independientes, el control y recurrencia histórica se manifiesta en eventos con dominios regionales. La solución a corto plazo a los deslizamientos en las inmediaciones del barrio La Merced es retirar el terreno inestable que constituye un espesor no mayor a los 4 m, siempre cuidando que la implementación de las posibles medidas de mitigación y la ejecución de las obras se realicen con la ayuda de un experto técnico.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se produce un pequeño colapso al pie de la ladera, adyacente al deslizamiento principal, esto se debe a un diseño técnico inadecuado para la construcción del corte del talud, lo que resultó en una pendiente demasiado pronunciada (cerca a los 90°) que, combinada con una base rocosa fuertemente meteorizada, provocó la falla del talud.
- Se infiere un deslizamiento rotacional principal, que, según las observaciones de campo, es causado no solo por el tráfico continuo de vehículos, sino también, por la saturación de los horizontes del suelo, las precipitaciones locales y una gestión insuficiente del agua doméstica en la parte superior del relieve, esto aumenta el peso del material constitutivo y ha coadyuvado al movimiento en un plano de contacto entre arenas – limosas y las arcillas – limosas.
- El excesivo riego de los cultivos, el uso de pozos sépticos, conexión al sistema de alcantarillado mediante tubos de cemento, la falta de sistemas de colección de aguas superficiales y la ausencia de sistemas de aguas servidas son algunas de las causas que hacen que los suelos se saturen y alteren el nivel freático local lo que se expresa en surgencias de agua que en la Merced se manifiestan en dos niveles, el primero ubicado en el plano del deslizamiento y el secundario en la base del talud a la altura de la vía Guaranda – Babahoyo.
- El volumen de material en el deslizamiento activo se estima en 1 680 m³; el deslizamiento potencialmente se dispara con lluvias extremas y/o sismos, condiciones naturales impredecibles que bajo las condiciones actuales no darían tiempo a evacuaciones.
- El GAD cantonal y el ente encargado de la Gestión de Riesgos en el país, deben suspender los planes de vivienda, apertura de vías, desbanques, descargas de aguas servidas y permisos de construcción de los predios localizados al pie del talud, para dar paso al diseño e implementación de obras de protección en el talud, considerar para ello la viabilidad técnica, social y financiera de la obra de protección, previo estudio de detalle. Se recomienda considerar el cambio de uso de suelo residencial por área de protección.
- Las viviendas de los sectores aledaños, deben ser monitoreadas permanentemente con el fin de evaluar la permanencia de las personas o implementar las acciones de mitigación, previo a su posible desalojo temporal o definitivo.
- Las obras de drenaje superficial deben diseñarse considerando el sitio de descarga (sistema de alcantarillado o colectores de la vía Guaranda-Chimbo), para evitar que estas aguas afecten y saturen el suelo de las zonas circundantes.
- El retiro del suelo superficial (inestable) debe realizarse considerando el movimiento en masa y su área de afectación y no solo de sitios puntuales puesto que se observa una recurrencia histórica de eventos a nivel más regional.
- Se recomienda a la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, actualizar la información del sistema de alcantarillado del barrio La Merced con el fin de asegurar que todos los hogares estén conectados a este sistema y se evite la saturación del suelo por la presencia de pozos sépticos.
- A mediano plazo, las autoridades locales, deben definir dentro del Plan de Ordenamiento y Uso del Suelo, la zona de expansión urbana de la ciudad de Guaranda, con el fin de tener un desarrollo urbanístico planificado; y de esta manera, evitar la urbanización en zonas inestables (laderas, relleno de quebradas, orillas de ríos), carentes de servicios básicos y el tráfico de tierras.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Cruden, «A Simple Definition of a Landslide,» *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, n° 43, pp. 27-29, 1991.
- [2] J. R. Jarrín Jurado y G. F. Albán Soria, «Informe preliminar deslizamiento La Merced - Guaranda,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2023.

4.2. RECOMENDACIONES

El propósito de las recomendaciones propuestas es principalmente proteger las vidas de los residentes del área de estudio.

- [3] L. Escorza Jaramillo, «Levantamiento Geológico de la Depresión de Guaranda,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 1993.
- [4] E. F. Quinche Farinango y F. Betancourt, «LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA EN EL BARRIO LA MERCED, GUARANDA, PROVINCIA DE BOLÍVAR, ECUADOR,» Quito, 2023.
- [5] M. A. Delgado Villagómez, «ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN EL BARRIO LA MERCED BAJA-CANTÓN GUARANDA,» Junio 2018. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16287>. [Último acceso: 22 Agosto 2023].
- [6] A. Winckell, C. Zebrowski y M. Sourdat, Las Regiones y Paisajes del Ecuador, vol. II, Quito: Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, 1989.
- [7] R. Hughes y L. Pilatasig, «Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of Andes of Ecuador.,» *Tectonophysics* 345, 2002.
- [8] Climate Data, «Clima Guaranda (Ecuador),» 2021. [En línea]. Available: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-bolivar/guaranda-2963/>. [Último acceso: 06 Septiembre 2023].