

**Predio Sauces II
Mocoa – Putumayo**

**SUBDIRECCIÓN PARA EL CONOCIMIENTO DEL RIESGO
Análisis Rápido de Amenaza y Riesgo Escala
Semidetallada**

Marzo de 2025

Consideraciones técnicas de amenaza y riesgo para toma de decisión en el Predio Sauces II del municipio de Mocoa, Putumayo

En el marco del desarrollo urbanístico planteado en el proyecto de la UNGRD en el predio Sauces II, se realizó acompañamiento técnico del 3 al 7 de marzo de 2025 por parte de la Subdirección para el Conocimiento del Riesgo, realizando actividades relacionadas con levantamientos de información y análisis de las condiciones generales del municipio de Mocoa, con el fin de identificar los aspectos a tener en cuenta en el panorama actual de amenaza y riesgo que presenta el predio y las recomendaciones particulares a considerar en el proceso de implantación de viviendas en el predio para cada escenario identificado.

Para ello, se llevó a cabo la visita de campo para reconocer fisiográficamente el terreno y levantar información topográfica, geotécnica y geofísica necesaria para el análisis. La metodología empleada requirió la medición de perfiles de velocidad de onda cortante, toma de muestras para caracterización básica, fotografías aéreas con drone, mediciones in situ de resistencia de suelos y puntos de control específicos relacionados con cuerpos de agua, vegetación, taludes, entre otros (ver Figura 1).



Figura 1. Imágenes de levantamiento de información en terreno

Aspectos identificados

Información de trabajo

Una vez analizada la información secundaria existente se encontró aprovechable la información de los estudios de amenaza por movimientos en masa y zonificación de respuesta sísmica de Mocoa, ambos estudios realizados por el Servicio Geológico Colombiano. Para complementarlos y aportar a la toma de decisión en el predio, se realizó directamente por este análisis un HDTM (Hazard Digital Terrain Model) en escala 1/2k, ortofotomosaico, caracterización de suelos y comportamiento geomecánico de resistencia al corte de forma sintética, perfiles de velocidad de onda cortante, Vs30 y periodo de vibración, fotointerpretación de drenajes, líneas de energía de escorrentías y parametrización de modelos de comportamiento para modelación de amenazas. Una vista general del predio, las quebradas y la forma del terreno se observa en la Figura 2 y una vista aérea del terreno se puede consultar en <https://photos.app.goo.gl/mddG3AJSpudGJHy69>.

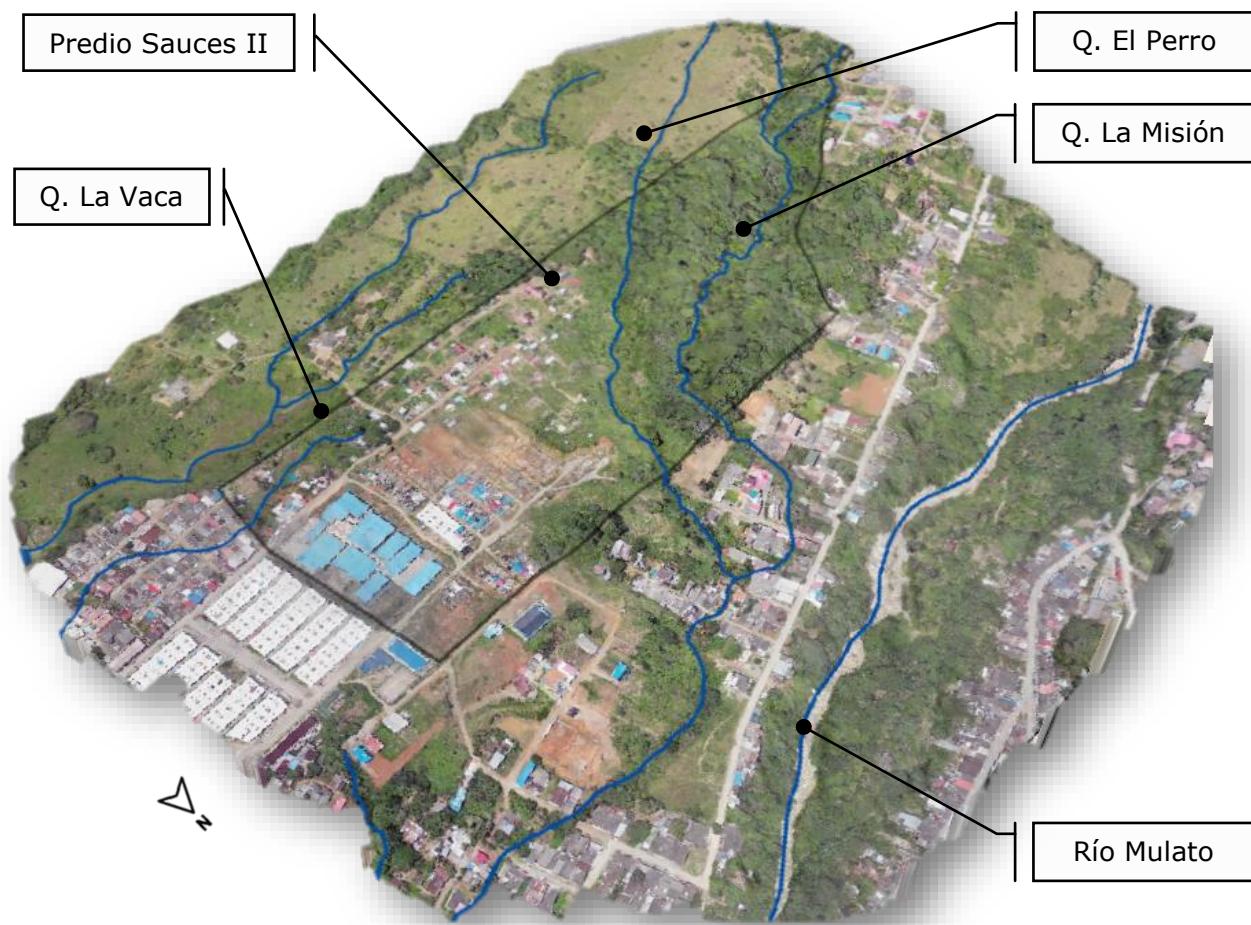


Figura 2. Predio Sauces II y su relación con las quebradas y el terreno

Movimientos en masa

Dentro del predio se tienen bajas probabilidades de falla (ver Figura 3). No obstante, si bien las condiciones de estabilidad dentro del predio son favorables, es necesario tener en cuenta que la baja probabilidad no es sinónimo de nula, por lo que es necesario que se verifique con estudios detallados la posibilidad de fallas rotacionales y deformaciones por acciones que se realicen sobre el predio (cortes, rellenos, sobrecargas con viviendas e infraestructura, asentamientos y consolidación por vibración, etc.) que puedan ameritar el diseño de obras de estabilización, mejoramiento del suelo y cimentaciones especiales. Téngase en cuenta que el suelo de soporte dentro del predio es material fluvitorrencial antiguo, el cual puede que presente condiciones favorables de estabilidad general pero su nivel de preconsolidación es baja y su humedad es alta a muy alta en algunos sectores, por lo que se debe estudiar también su compresibilidad ante las cargas que se vayan a plantear con el proyecto de vivienda.

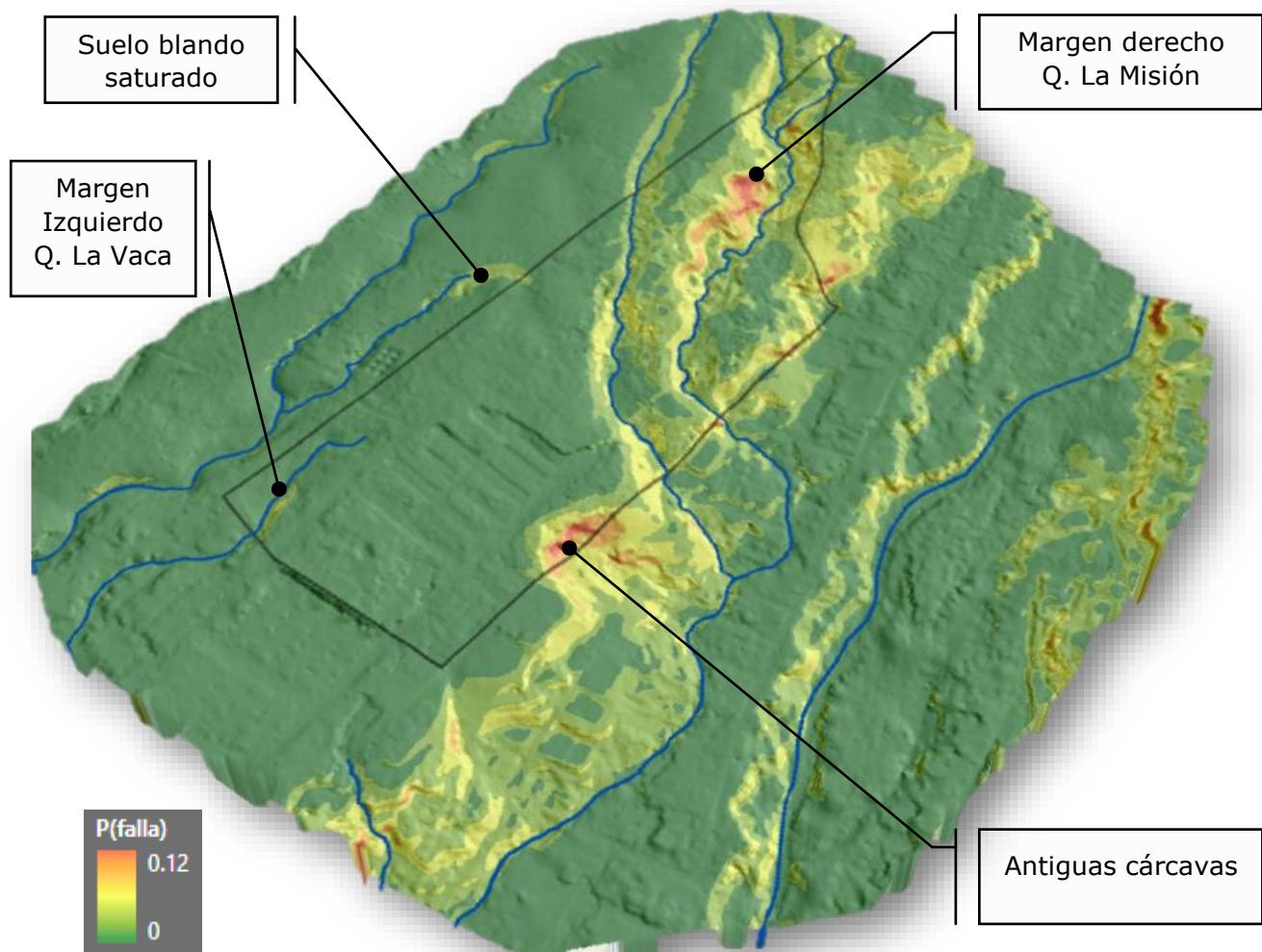


Figura 3. Probabilidad de falla estimada para movimientos en masa

Inundaciones

El predio es cruzado por tres quebradas: El Perro, La Misión y La Vaca, cada una de ellas con áreas propensas a inundación, pero confinadas hacia el drenaje, por lo que las áreas inundables son relativamente escasas en relación con el área del predio. La quebrada la Vaca inicia uno de sus brazos tributarios dentro del predio en un tramo corto en el costado occidental y entrega sus aguas al barrio San Andrés. Por su parte, las quebradas El Perro y La Misión drenan desde la parte alta en un área tributaria relativamente pequeña (32 ha aguas arriba del predio) y su caudal se alimenta en su mayoría de escorrentías de precipitaciones, se complementa de aguas subterráneas con fluctuaciones del nivel freático y se aporta intermitentemente de aguas servidas entregadas por los barrios. Finalmente, el predio se encuentra cerca al río Mulato pero su elevación y ubicación le favorece al estar fuera del área de influencia de las inundaciones de este río. Los resultados de probabilidad de inundación se observan en la Figura 4.

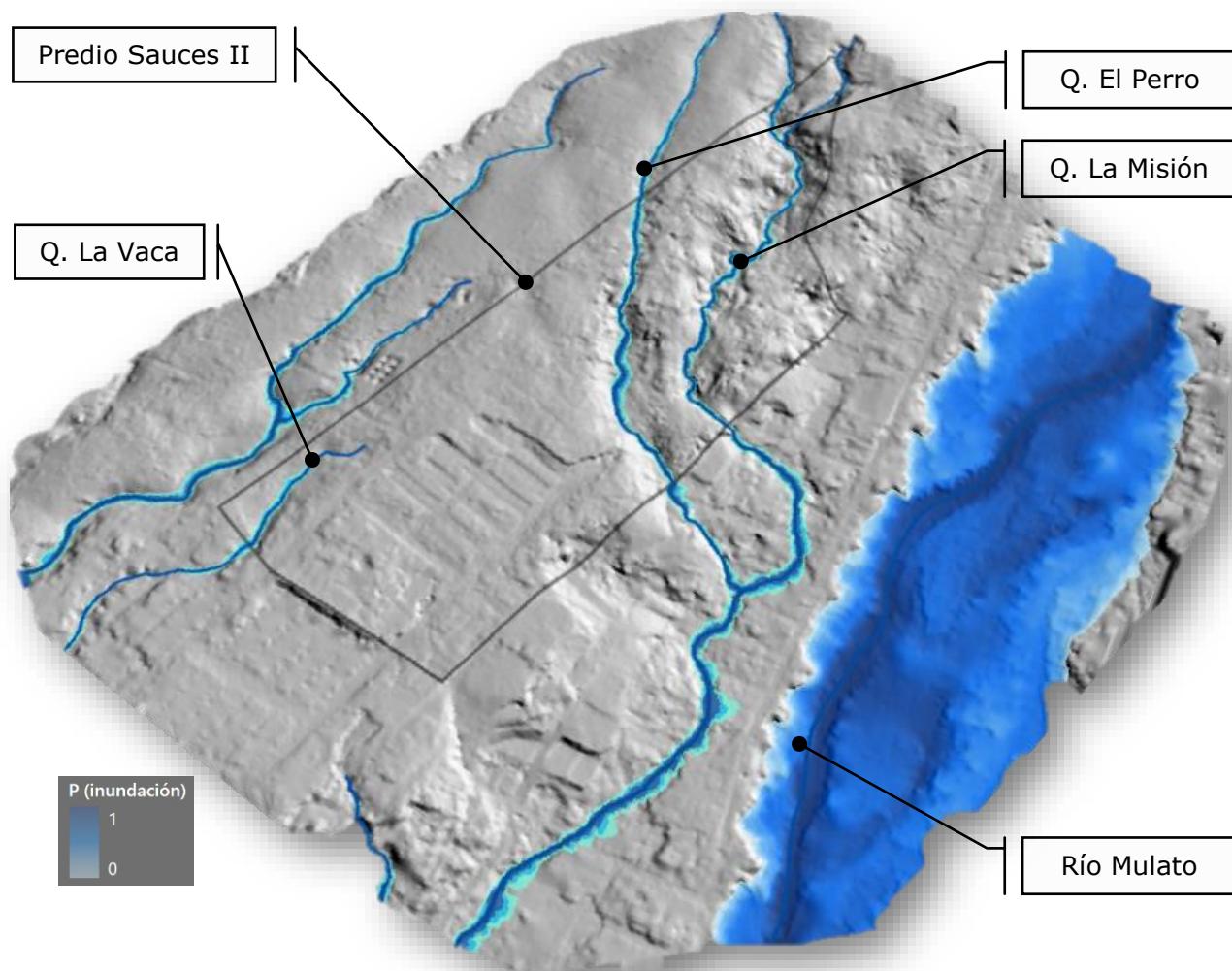


Figura 4. Probabilidad estimada de inundación

Avenidas torrenciales

Las quebradas que tienen influencia en el predio no pertenecen a zonas hidrográficas con características morfométricas de torrencialidad (valores muy bajos de torrencialidad: Índice de Melton $IM=0.09$; Coeficiente de torrencialidad $Ct=0.03$), los caudales y su variabilidad no aportan propensividad a avenidas torrenciales y no cuenta con procesos morfodinámicos activos con capacidad de aporte de carga volumétrica importante. Por ello se encuentra en los modelamientos que no se presentan avenidas torrenciales dentro del predio, siendo solamente posible la ocurrencia de crecientes de bajo caudal, tenidas en cuenta ya en la evaluación de inundaciones. Por otro lado, el río Mulato sí es fuertemente torrencial, pero el resultado del modelamiento arroja que el predio se encuentra fuera del área de influencia de este río. El resultado de la probabilidad de avenidas torrenciales se observa en la Figura 5.

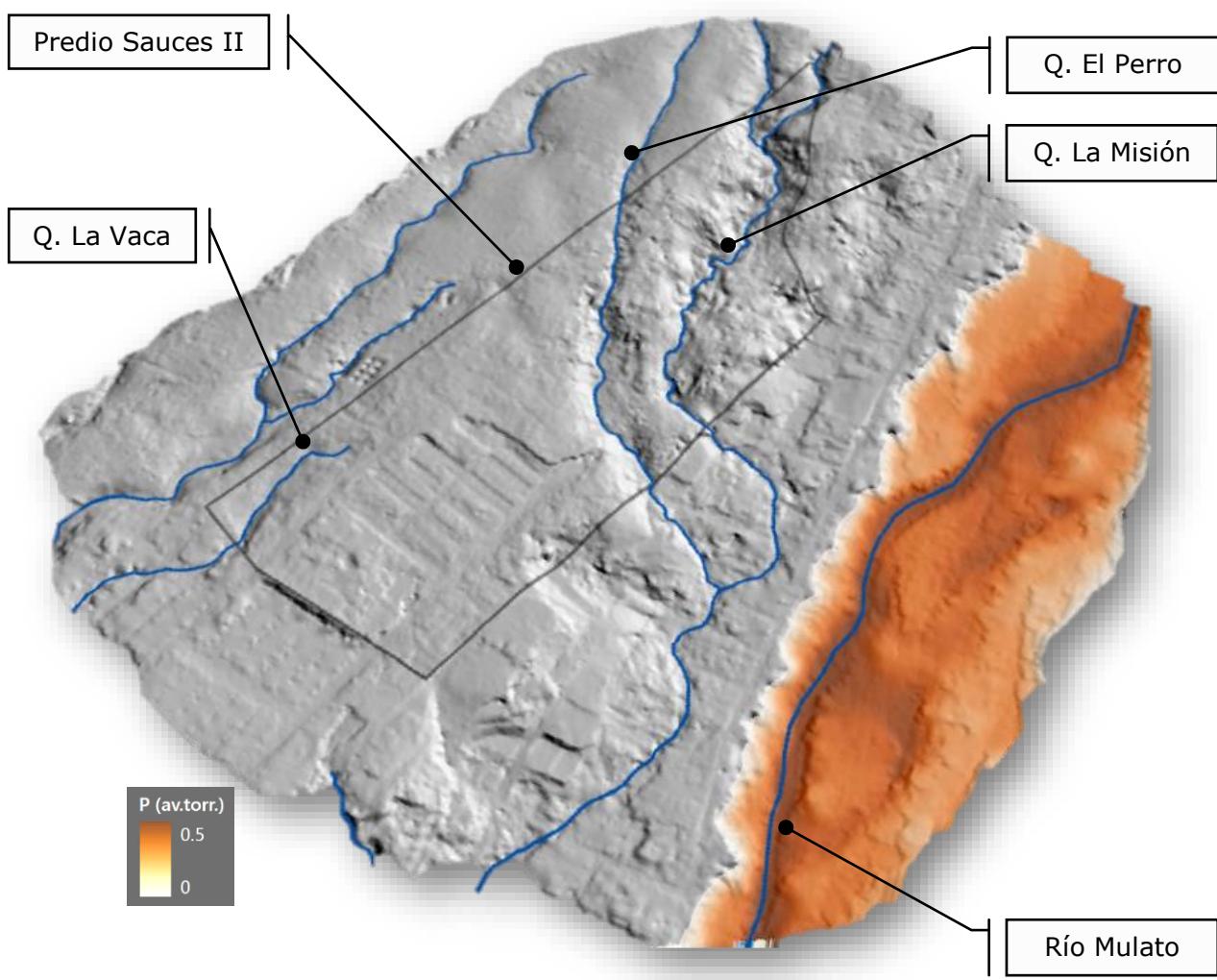


Figura 5. Probabilidad estimada de avenidas torrenciales

Sismos

La región se encuentra en zona de amenaza sísmica alta de acuerdo con la norma NSR-10. Las aceleraciones para un periodo de retorno de 475 años se acercan a los 0.22g a nivel de basamento sísmico según la consulta del Modelo Nacional de Amenaza Sísmica (SGC, 2018), lo que confirma que la región es importante respecto a este fenómeno. Según la Zonificación de Respuesta Sísmica para Mocoa (SGC, 2018), en la zona se pueden encontrar profundidades a suelo firme hasta los 40 m y de basamento sísmico hasta los 60 m. Complementando con las mediciones geofísicas y confirmando los espesores en el perfil de velocidad de onda cortante, se encuentran factores de amplificación importantes por efecto de material que se suma con factores de amplificación topográficos (ver Figura 6).

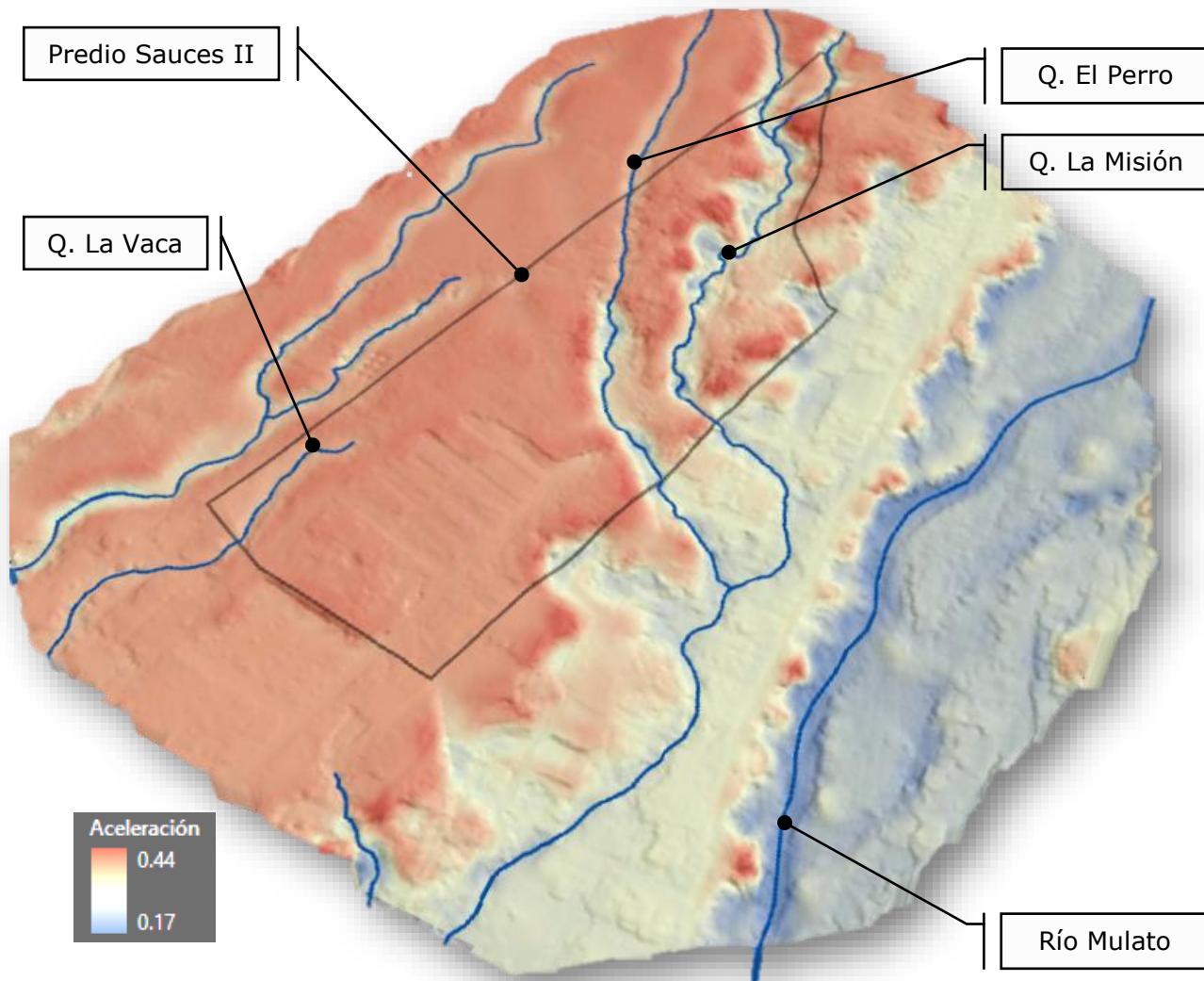


Figura 6. Aceleraciones posibles en el área del predio

Consideraciones y recomendaciones

Conclusión sobre amenaza y riesgo

El predio es factible técnicamente por concepto de amenaza y riesgo de desastres; sin embargo, se deben tener consideraciones específicas para estudios detallados porque hay áreas que presentan particularidades por movimientos en masa, inundaciones, sismos y aspectos geotécnicos adicionales. Los sitios para resaltar se muestran en la Figura 7.

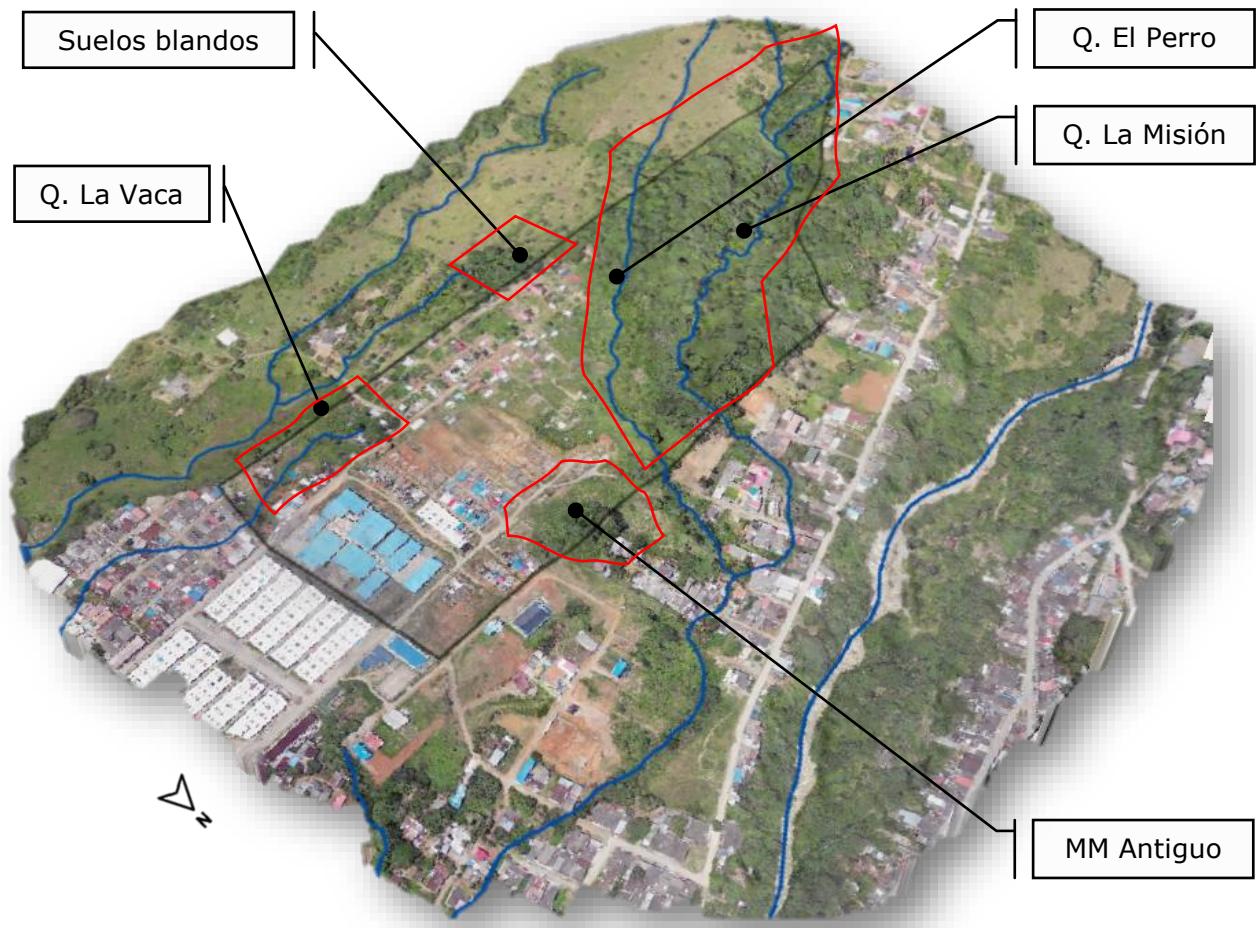


Figura 7. Sitios para resaltar en estudios y diseños detallados

Los estudios detallados deberán formularse haciendo énfasis en cuantificar las condiciones técnicas del comportamiento de cada sitio y en lograr los diseños detallados de las intervenciones en cada uno de los lugares mostrados en este informe. Lo anterior para garantizar las condiciones de seguridad para la población y cualquier tipo de elemento de infraestructura proyectada.

Las consideraciones para cada sitio se enuncian a continuación:

MM Antiguo

En el talud mostrado se recomienda analizar la estabilidad y realizar diseños para su intervención de tal forma que se mantenga protegido y con ello evitar su falla. Es importante tener en cuenta que no se trata de un deslizamiento activo sino de la cicatriz de un antiguo movimiento en masa compuesto por un cuerpo deslizado en una zona de antiguo carcavamiento, y que actualmente aparentemente se encuentra inactivo y con buena cobertura vegetal. Su intervención deberá enfocarse en cuantificar el nivel de seguridad local respecto a la combinación de cargas dinámicas, saturación y sobrecarga adicional por infraestructura en la parte alta.

El análisis sísmico para realizar para este sitio deberá tener en cuenta que los materiales son antiguos depósitos fluviotorrenciales comprendidos por una matriz de limos arcillosos y presencia embebida de bloques y gravas. El espesor de este depósito puede lograr los 30 m en el sitio y la profundidad hasta la roca sana puede superar los 50 m, por lo que los efectos de amplificación por material son relevantes en este lugar. Así mismo, los efectos topográficos de amplificación son fuertes en el talud debido a su forma, siendo posible encontrar amplificaciones adicionales mayores al 20% en la cresta del talud. Por su parte, la incorporación del detonante relacionado con el agua se debe revisar por flujo de agua subterránea, subsuperficial y superficial, no solamente en términos de ascenso del nivel freático. Esto para temporadas de lluvias prolongadas o acumuladas, para lluvias intensas y para la combinación de todas las posibilidades de saturación y erosión actuando en simultáneo como escenario crítico.

Finalmente, debido a que los suelos son normalmente consolidados y que según lo evidenciado en el análisis multitemporal, no han sido sometidos a sobrecargas por uso urbano o de algún tipo de infraestructura, se deberá analizar con precisión la estabilidad del talud son las sobrecargas regionales derivadas de la infraestructura a emplazar revisando que se pueda garantizar el escenario más crítico combinatorio de sismo amplificado, saturación, flujo de agua y sobrecarga. El resultado será el diseño de una intervención que busque mantener la renaturalización del talud pero al tiempo garantice la seguridad del escenario más crítico.

Suelos blandos

Es recomendable analizar la estabilidad geotécnica del sitio identificado como talud de suelos blandos. Si bien ha sido identificado por informes existentes como un deslizamiento, del análisis no se encontraron evidencias de deslizamiento pero sí se logró identificar la existencia de suelos blandos posiblemente meteorizados por alta humedad. Es preciso tener en cuenta que el material en predio es un depósito fluviotorreccional y pueden existir zonas específicas con lentes de suelo más blando o erosionado internamente por el flujo de agua subterráneo. Los ascensos del nivel freático en temporada de lluvias pueden alcanzar niveles cercanos a la superficie y alimentar la saturación de materiales en superficie en zonas específicas.

En el talud mencionado se evidenció una zona particular de hundimiento posiblemente referido a la consolidación natural del terreno en el área húmeda, siendo un problema geotécnico relacionado con capacidad portante e incluso con estabilidad. Por esta razón se requiere estudiar en detalle este sitio y diseñar una intervención integral que garantice las condiciones seguridad de estabilidad y asentamientos por consolidación. Además, para evitar la sobrecarga con edificaciones, se

recomienda diseñar una intervención directa en el sitio de uso pasivo que permita asegurar un buen control geotécnico de este talud.

Quebrada El Perro y quebrada La Misión

El Perro y La Misión son quebradas de bajo y moderado caudal (sector hidrográfico <30 ha aguas arriba del predio) que transita dentro del predio por antiguas cárcavas inactivas. No presentan depósitos aluviales por sí mismos dentro de su trayectoria al interior del predio, aunque sí mantienen algunos bloques lavados de los depósitos fluvitorrenciales antiguos. Estas quebradas mantienen las inundaciones confinadas a las áreas próximas a sus cauces, por lo que su análisis por amenaza por inundación no requiere recomendaciones particulares diferentes a la estimación de caudales y corroboración de zonas inundables de las dos quebradas a través de modelamientos hidrológico-hidráulicos en el marco de la zona de protección que la norma ambiental en el país exige.

Por otro lado, desde un punto de vista geotécnico, los márgenes de la quebrada se constituyen por suelos blandos y capas de turba con zonas de muy alta humedad, por lo que se requiere analizar y estudiar tratamientos geotécnicos especiales en el caso que sea requerido aproximarse con infraestructura a la quebrada. Estos tratamientos a revisar pueden incluir reconformación del terreno, obras de contención de taludes, cimentaciones particulares y manejo adecuado de aguas servidas y de escorrentía.

Además, se debe tener en cuenta que los materiales son antiguos depósitos fluvitorrenciales de gran espesor, que contienen limos arcillosos y bloques de roca embebidos de forma aleatoria. El espesor de este depósito puede lograr 30 m en el sitio, por lo que los efectos de amplificación por material son relevantes en este lugar. Así mismo, los efectos topográficos de amplificación son fuertes en el talud de los márgenes de la quebrada debido a su forma de antigua cárcava, siendo posible encontrar amplificaciones adicionales mayores al 15% en la cresta de los taludes.

Quebrada La Vaca

Uno de los afluentes de la quebrada La Vaca se encuentra dentro del predio y presenta una zona inundable. Si bien no se desborda por manejar un área tributaria pequeña y caudal bajo, en el costado suroriental del predio se presenta una zona con encharcamiento e inundación que debe ser tenida en cuenta dentro de los diseños del uso del suelo dentro del predio. En ese sentido, es recomendable estudiar el manejo de aguas de este brazo de la quebrada dentro y fuera del predio para que se determine su comportamiento en cuanto a encharcamiento e inundación por la condición de ausencia del drenaje natural en el barrio vecino San Andrés.

Por su parte, el margen izquierdo de la quebrada La Vaca presenta rellenos antropogénicos adicionales al flujo fluvitorrenciales, por lo que se recomienda analizar la estabilidad de este margen y el comportamiento de estabilidad de estos materiales y realizar los estudios y diseños para el tratamiento del terreno en el caso que se desee aprovechar la parte alta del lote cercano a esta quebrada. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las aceleraciones sísmicas son mayores en este talud, por lo que se requiere que se cuantifique en los diseños la aceleración específica para los diferentes tipos de infraestructura según su periodo fundamental de vibración.

Respuesta sísmica local

Las aceleraciones sísmicas dentro de zonas particulares del predio son considerablemente altas, por lo que se debe tener mayor control y focalización en los diseños de las estructuras dentro del predio. Los efectos de amplificación para todo el lote son debidos a los depósitos fluviotorrenciales y la alteración de las rocas de basamento, existiendo espesores de más de 30 m de material blando. Al mismo tiempo, se debe tener en cuenta que los efectos topográficos son importantes en las crestas de los taludes, lo cual implicaría diseños más resistentes en ubicaciones cercanas a taludes.

En el análisis acá mostrado se representa solo un ejemplo de las posibles aceleraciones, pero estas deben ser analizadas para distintas ordenadas espectrales dependiendo de las obras a diseñar (muros de contención, viviendas de 1 y 2 pisos, edificaciones de distintas alturas). En el caso de respuesta sísmica local es recomendable que se tengan en cuenta los espectros para diseño mostrados en el Estudio de Zonificación de la Respuesta Sísmica de Mocoa (SGC, 2018) y aplicar los efectos topográficos mostrados arriba o en su defecto analizar para todo el lote las aceleraciones en superficie con modelamientos bidimensionales.

Estudios para cimentación e hidrogeológicos

Revisar las características del proyecto una vez sea actualizada la propuesta urbanística en términos de ubicación, profundidad y cantidad de perforaciones adicionales. Esto debido a que la exploración existente no supera los 5 m de profundidad y fue medida desde la superficie del terreno actual, por lo que, al modificarse el terreno, existe la posibilidad de que sea necesario repetir y explorar nuevamente varios lugares del lote. En ese caso, es recomendable que se busque profundizar más de los 5 m para que se tenga certeza de la estratigrafía local, además de recordar que se pueden encontrar bloques gruesos de roca dentro de la matriz de limos arcillosos, pero que estas no representan la roca de basamento. En las zonas donde se presenten suelos blandos es recomendable que se tengan en cuenta ensayos de consolidación diferenciados por cada capa y en diferentes exploraciones a fin de precisar mucho mejor los esfuerzos de preconsolidación, asentamientos diferenciales y posibles asentamientos excesivos.

Por otro lado, se recomienda revisar dentro de los estudios específicos que se esbozen en adelante, los aspectos litológicos con detalle. Esto debido a que el estudio hidrogeológico del predio traza dos depósitos aluviales extensos en las quebradas La Misión y El Perro, pero en campo e interpretación morfológica no se evidenció la existencia de depósitos aluviales dentro del predio. Al mismo tiempo, los sectores y direcciones de escorrentías del predio no coinciden con las líneas de flujo superficial mostrados en el estudio hidrogeológico, invitando a la revisión de los aspectos de agua subterránea, flujo superficial y subsuperficial con mayor detalle para que se aporte al diseño de obras de manejo de agua dentro del predio.

Topografía del terreno

La topografía actual debe ser actualizada principalmente en los aspectos altimétricos y planimétricos de los cuerpos de agua. Es recomendable que se opte por levantamiento LiDAR con mínimo 3 retornos para que se logre una buena resolución detallada de los niveles del terreno, principalmente próximos a los cuerpos de agua en donde se dificulta lograr buena resolución a

partir de estación total. Además, debido a la vegetación espesa en el sector de las quebradas, es necesario trazar con mayor precisión y resolución los actuales trazados planimétricos de los drenajes a fin de confirmar las zonas inundables en escala detallada. El producto de la planimetría debe ser en formato ráster y debe contener el dato real del terreno en la resolución requerida para el nivel de detalle y deberá ser útil para el procesamiento numérico del relieve (estabilidad de taludes, tránsito de crecientes, efectos de amplificación topográficos).

Alcances del presente documento

El análisis se desarrolla como respuesta a la necesidad de tener un panorama de amenaza y riesgo para la toma de decisiones en gestión del riesgo de desastres, en este caso para conocer condiciones particulares de amenazas en un polígono específico que aporte elementos técnicos en los ejercicios de evaluar factibilidad y complejidad de predios. No es por sí mismo un estudio detallado o particular de amenaza, no tiene ni busca la precisión submétrica de la cartografía elaborada ni busca el cumplimiento particular de alcances normativos específicos, por lo cual no reemplaza ni contiene con los estudios normativos en las distintas escalas de trabajo; por el contrario, aprovecha, refuerza y complementa estudios existentes y se enfoca en la incertidumbre epistémica con las técnicas metodológicas más adecuadas para la evaluación de amenazas en la búsqueda de un resultado oportuno y representativo de las características fisiográficas del territorio.

ANEXOS:

En el siguiente link se ha archivado las salidas de la modelación realizada para consulta de los encargados del proyecto de intervención en el predio Sauces II en el municipio de Mocoa:

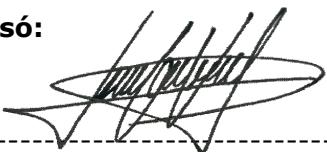
https://drive.google.com/drive/folders/1wkxw0B1foEqXSIINyQ_cqq5sVT1H_x-E?usp=sharing

Elaboró:



NELSON PERICO GARCÍA
Modelador de Geoamenazas
Contratista FNGRD - SCR

Revisó:



JULIO CESAR GONZÁLEZ
Profesional especializado grado 18
Supervisor UNGRD - SCR