

INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA SOBRE LOS MÁRGENES DE LA VÍA NARIÑO - EL TAMBO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO ESCALA 1:25.000



EQUIPO GESTIÓN
AMBIENTAL DEL RIESGO

SUBDIRECCIÓN DE
CONOCIMIENTO Y
EVALUACIÓN AMBIENTAL

Corponariño



Conserva la vida

**INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA SOBRE
LOS MÁRGENES DE LA VÍA NARIÑO – EL TAMBO EN EL DEPARTAMENTO DE
NARIÑO, ESCALA 1:25.000.**

Elaborado por:

Mahra Guisell Pismag Salazar

Geóloga

Karold Yojana Ceballos Cabrera

Geógrafa – Esp. Gerencia de Proyectos

Supervisor del estudio:

Juan Guillermo Delgado Noguera

Profesional Universitario

Geólogo

Equipo de Gestión Ambiental del Riesgo

Subdirección de Conocimiento y evaluación ambiental - SUBCEA

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO – CORPONARIÑO

Pasto, Nariño

2024

TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVOS	9
1.1	Objetivo General	9
1.2	Objetivos específicos	9
2	MARCO TEORICO.....	9
2.1	CONCEPTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO	9
2.2	MOVIMIENTOS EN MASA.....	10
2.3	UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES.....	11
2.4	GEOMORFOLOGÍA.....	12
2.5	CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS CORINE LAND COVER	12
2.6	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	13
2.7	SENSORES REMOTOS Y TELEDETECCIÓN	13
2.8	MORFODINÁMICA	14
3	METODOLOGÍA.....	14
3.1	FASE APRESTAMIENTO.....	16
3.1.1	Delimitación área de estudio	16
3.1.2	Información secundaria	16
3.1.3	Ajuste y definición del área de estudio	16
3.1.4	Levantamiento de información primaria.....	16
3.2	FASE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	17
3.2.1	Factores condicionantes	17
3.2.2	Identificación de Movimientos en Masa.....	18
3.2.3	Sectorización de la vía Nariño – El Tambo a partir de las UGS	19
3.2.4	Caracterización de movimientos en masa.....	19
3.3	INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA	19
3.3.1	Superposición Ponderada en Análisis de Evaluación Multicriterio	19

3.3.2	Estudio “Inventario de procesos de remoción en masa a lo largo de la vía Nariño (N) – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000”.....	20
4	RESULTADOS	20
4.1	FASE DE APRESTAMIENTO.....	20
4.1.1	Delimitación área de estudio	20
4.1.2	Información secundaria	21
4.1.3	Ajuste y definición del área de estudio	22
4.1.4	Levantamiento de información primaria.....	23
4.2	FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	24
4.2.1	Cobertura y uso del suelo	24
4.2.2	Identificación de movimientos en masa.....	27
4.2.3	Caracterización de movimientos en masa.....	28
4.2.4	Clima – Precipitaciones.....	55
5	ANÁLISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO ÁREA DE INFLUENCIA VÍA NARIÑO – EL TAMBO.....	64
5.1	Análisis de evaluación multicriterio área de influencia vía Nariño – El Tambo por sectores	64
5.1.1	SECTOR 1	64
5.1.2	SECTOR 2	65
5.1.3	SECTOR 3	66
5.2	AREA TOTAL DE ESTUDIO EAM.....	66
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
6.1	CONCLUSIONES	68
6.2	RECOMENDACIONES	69
7	BIBLIOGRAFIA	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos y subtipos de procesos y sus características más importantes.....	11
Tabla 2 Clasificación del factor pendiente	18
Tabla 3 Recopilación de insumos para la etapa de aprestamiento	21
Tabla 4 Sectorización de la vía Nariño – El Tambo	22
Tabla 5 Inventario de deslizamientos identificados en la vía Nariño – El Tambo	27
Tabla 6 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1.....	29
Tabla 7 Pendientes identificadas en el SECTOR 1	34
Tabla 8 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 1.....	35
Tabla 9 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2.....	38
Tabla 10 Pendientes identificadas en el SECTOR 2.....	43
Tabla 11 Ocupación de cobertura de la tierra. Sector 2	44
Tabla 12 Pendientes identificadas en el SECTOR 3.....	53
Tabla 13 Ocupación de cobertura de la tierra. Sector 3.....	54
Tabla 14 Localización Estación pluviométrica Nariño, Aeropuerto y El Peñol. (Fuente: IDEAM)	56
Tabla 15 Precipitación media mensual multianual (mm). Estación Nariño, Estación Aeropuerto y Estación El Peñol. Periodo 1990 – 2023. (Fuente, este estudio)	58
Tabla 16 AEM SECTOR 1	65
Tabla 17 AEM Sector 2.	65
Tabla 18 AEM Sector 3	66
Tabla 19 AEM Área total de estudio	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama metodología inventario de procesos de remoción en masa	15
Figura 2 Delimitación área de estudio	21
Figura 3 Sectorización de la vía Nariño – El Tambo	23
Figura 4 Visitas de reconocimiento en campo, equipo de Gestión Ambiental del Riesgo de Corponariño.	24
Figura 5 Sectorización y deslizamientos identificados en la vía Nariño – El Tambo	28
Figura 6 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1	29
Figura 7 Fotografía tomada en el sector El Zanjón del municipio de El Tambo (Coordenadas: 1°20'24,7"N 77°23'28,3"W), se evidencian suelo residual de lavas y cenizas (TQvlc).....	30
Figura 8 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 1	31
Figura 9 Fotografía tomada en la vía Nariño – El Tambo (Coordenadas: 1°20'29.9"N 77°23'35.9"W), se evidencian Lomeríos disectados (Dldi), donde se aprecia la morfología alomada con cimas redondeadas y amplias, así como procesos de reptación, inclinación de árboles y desplazamiento del terreno por influencia de la Falla Manchabajoy.	33
Figura 10 Mapa de geomorfología del SECTOR 1	34
Figura 11 Mapa de pendientes SECTOR 1	35
Figura 12 Cobertura mosaico de cultivos pastos y espacios naturales –SECTOR 1.....	36
Figura 13 Mapa uso y cobertura del suelo, SECTOR 1	36
Figura 14 Movimiento en masa en el sector El Zanjón municipio de El Tambo (Coordenadas de referencia: 1°20'20,77"N, 77°23'27,48"W)	37
Figura 15 Obras de mitigación en la vía como muros en gaviones y adoquín.....	38
Figura 16 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2	39
Figura 17 Fotografía tomada en la vía Nariño – El Tambo (Coordenadas: 1°22'50.2"N 77°22'32.5"W), se identifica suelos residuales del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv)	40
Figura 18 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 2.....	41
Figura 19 Fotografía tomada en la vía Nariño – El Tambo (Coordenadas: 1°22'56.0"N 77°22'27.5"W), se identifica la geoforma Sierra residual (Dsr).	42
Figura 20 Mapa geomorfología SECTOR 2.....	42
Figura 21 Mapa de pendientes SECTOR 2	43
Figura 22 Cobertura mosaico de cultivos pastos y espacios naturales -Sector 2	44
Figura 23 Mapa uso y cobertura del suelo del SECTOR 2.....	45
Figura 24 Minería de materiales de construcción municipio de El Tambo (Coordenadas: 1°22'18,2"N 77°22'41,2"W)	46

Figura 25 Minería de materiales de construcción municipio de El Tambo (Coordenadas: 1°21'34,49"N, 77°23'0,75"W)	46
Figura 26 Deslizamiento rotacional 14: Coordenadas: 1° 22' 51,800" N 77° 22' 32,300" W. Medidas aproximadas de 13m de altura y 90m de longitud.	47
Figura 27 Deslizamiento rotacional 10: Coordenadas: 1° 22' 5,900" N 77° 22' 50,200" W. Medidas aproximadas de 26m de altura y 60m de longitud.	47
Figura 28 Deslizamiento rotacional 13: Coordenadas: 1° 22' 34,700" N 77° 22' 39,000" W. Medidas aproximadas de 70m de altura y 85m de longitud.	47
Figura 29 Deslizamiento rotacional 9: Coordenadas 1° 21' 57,200" N, 77° 22' 56,400" W. Medidas aproximadas de 23 m de altura y 70 m de longitud.	48
Figura 30 Se identifican afectaciones en la vía Nariño – El Tambo, como levantamiento del pavimento y fracturas (Coordenadas: 1°21'05.0"N 77°23'21.8"W).	48
Figura 31 SECTOR 3.....	49
Figura 32 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 3	51
Figura 33 Mapa de Geomorfología SECTOR 3	52
Figura 34 Mapa de pendientes SECTOR 3	53
Figura 35 Cobertura mosaico de cultivos pastos y espacios naturales -Sector 3A	54
Figura 36 Mapa uso y cobertura del suelo SECTOR 3	55
Figura 37 Ubicación del trayecto de vía objeto de estudio, sobre los polígonos de Thiessen.	57
Figura 38 (Fuente, este estudio)	59
Figura 39 (Fuente, este estudio)	60
Figura 40 (Fuente, este estudio)	60
Figura 41 (Fuente, este estudio)	61
Figura 42 (Fuente, este estudio)	61
Figura 43 Ubicación de deslizamientos e isoyetas	63
Figura 44 Zonificación rangos de precipitación.	64
Figura 45 Mapa EAM Área total de estudio	67

INTRODUCCIÓN

La vía Nariño-El Tambo, ubicada en el departamento de Nariño, constituye una de las principales rutas de comunicación y transporte entre diversas regiones del suroeste colombiano. Su importancia es indiscutible, ya que no solo facilita el tránsito de mercancías y personas, sino que también conecta comunidades rurales con los principales centros urbanos. Sin embargo, debido a la geología, geomorfología, condiciones hidroclimatológicas, el terreno por el cual atraviesa el trayecto de ruta se comporta de manera inestable y representan una amenaza constante para la integridad de la vía por la ocurrencia frecuente de movimientos en masa.

Los deslizamientos en esta región no solo afectan la calidad del transporte, sino que colocan en riesgo la seguridad de los usuarios y la sostenibilidad de la infraestructura vial. La fragilidad del terreno, junto con las variaciones climáticas, convierte a la vía Nariño-El Tambo en el elemento más vulnerable ante estos fenómenos, que frecuentemente ocasionan cierres temporales, daños en la estructura vial y elevados costos de mantenimiento. Por lo anterior y en aras de dar cumplimiento a la visión y misión de la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, se da la necesidad de realizar un *“Inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes de la vía Nariño – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000”*, con la finalidad que el presente documento sea una herramienta para los municipios que están en el área de influencia de la vía y así, puedan desarrollar estrategias para prevenir daños y tomar medidas de mitigación, garantizar la seguridad y funcionalidad de este corredor vital para la región y su integración en el ordenamiento ambiental y territorial en el marco de la gestión del riesgo de desastres.

De esta forma, para el presente estudio se toman como factores más relevantes las Unidades Geológicas Superficiales, la cobertura y uso del suelo, las pendientes y los movimientos en masa identificados a lo largo de los márgenes de la vía Nariño – El Tambo permitiendo así, realizar un análisis de evaluación multicriterio de los atributos mencionados, con lo cual se obtiene como resultado un inventario de procesos de remoción en masa en los márgenes de la vía Nariño – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000, un análisis de precipitación, una susceptibilidad cualitativa y la identificación de la vía como un elemento crítico vulnerable a estos fenómenos naturales.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Realizar un inventario de procesos de remoción en masa a lo largo de la vía Nariño vereda El Silencio – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000.

1.2 Objetivos específicos

- Ubicar e identificar los procesos de remoción en masa a lo largo de la vía Nariño vereda El Silencio – El Tambo.
- Elaborar una caracterización de los procesos de remoción en masa
- Realizar una aproximación cualitativa de la susceptibilidad de amenaza por remoción en masa a lo largo de la vía Nariño – El Tambo.

2 MARCO TEORICO

2.1 CONCEPTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO

Para el desarrollo del presente estudio es importante indagar sobre algunos conceptos fundamentales y aportes de autores, que permitan explicar y construir los temas de interés para este estudio. Se presentan algunas definiciones de riesgo y sus componentes, extraídas del libro guía metodológica para zonificación de avenidas torrenciales, guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa a escala detallada, guía para zonificación de movimientos en masa a escala 1:25000 del Servicio Geológico Colombiano, y definiciones descritas en la ley 1523 de 2012.

Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad (Art. 4 Ley 1523 de 2012).

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para ocasionar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Art. 4 Ley 1523 de 2012).

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se

presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos. (Art.4 Ley 1523 de 2012).

Exposición: Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. (Art.4 Ley 1523 de 2012).

Susceptibilidad: Posibilidad que tiene un área a presentar un evento peligroso (SGC 2021).

2.2 MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa son desplazamientos del terreno a favor de la pendiente que se generan por acción de la fuerza de gravedad, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros. El SGC clasifica los movimientos en masa conforme a la Guía para la Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa propuesta por el Proyecto Multinacional Andino (PMA), adoptada por Colombia (PMA: GCA, 2007), en la que movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (SGC 2017).

Según el SGC, los factores y causas de los movimientos en masa se pueden considerar como factores inherentes (estado original) y factores modificadores. Los Factores inherentes se relacionan con la naturaleza de los materiales, con el complemento de la cobertura natural y la presencia de agua: Tipo de materiales (rocas, suelos) y su origen, condición de los materiales (ejemplos, estado de fracturamiento, grado de descomposición, consistencia), actitud estructural (discontinuidades estructurales con influencia regional o local), presencia de agua (patrón de flujo y distribución), presencia de coberturas vegetales. La interacción de estos factores constituye la causa real de la inestabilidad, es decir, el conjunto de factores que definen la posibilidad de falla. Se expresan como unidades de relieve más o menos susceptibles a la falla.

De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano, se consideran cinco tipos de movimientos en masa de más frecuencia de ocurrencia: caídas, volcamientos, deslizamientos, flujo y reptación. Se tienen en cuenta, además, los movimientos complejos, que son resultado de la combinación cinemática de los movimientos básicos. (SGC & MINMINAS, 2017).

Tabla 1 Tipos y subtipos de procesos y sus características más importantes

Tipo	Mecanismo	Material desplazado	Subtipo
Caídas,	Desprendimiento de material que se desplaza por el aire, brinca o rueda.	Rocas, Suelos	• Caída de rocas y suelos • Rodamiento de bloques • Torrentes de bloques
Volcamientos	Masas que rotan en un punto sin desprenderse.	Rocas, detritos	• Único o múltiple de conjunto de bloques de roca. • De bloques individuales liberados por tensión. • De detritos.
Deslizamientos	La masa se desplaza sobre una superficie de falla sin desintegrarse apreciablemente	Rocas, Suelos	• Rotacional (hundimiento) • Rotacional retrogresivo múltiple, traslacional planar, traslacional en cuña, compuesto.
Flujos, avalanchas y deslizamientos por flujo	La masa se mueve grandes distancias la mayor parte del trayecto en forma viscosa		• Flujos de detritos (lahares y avenidas torrenciales), flujos de tierras, flujos de lodo, avalanchas de detritos. • Deslizamiento por flujos de material granular-licuación (Flow slide). • Deslizamiento por flujo de arcilla sensitiva (Clay-flow slide).
Creep (Reptación)	La masa se deforma muy lentamente sin fallar.	Rocas, suelos, talud	• Creep superficial • Creep profundo • Solifluxión y Gelifluxión (flujo)

Fuente: (SGC & MINMINAS, 2017)

2.3 UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES

Las unidades geológicas superficiales son uno de los factores condicionantes más importantes en la inestabilidad de las laderas, por lo que es necesario obtener y mapear datos relacionados con sus características. Para la escala de trabajo y metodología propuesta en este documento, se requiere de un mapa

de Unidades Geológicas Superficiales (UGS), cuyos datos serán utilizados directamente como un factor condicionante en el análisis y elaboración de un inventario de procesos de remoción en masa.

Cada Unidad Geológica Superficial se considera como el resultado de una serie de procesos tanto exógenos como endógenos que modelan la superficie terrestre y le confieren al terreno una serie de propiedades que la hacen más o menos susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa (SGC, 2017).

2.4 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es la ciencia que trata de la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno (tanto terrestres como submarinas) y su relación con las estructuras infrayacentes. Esta ciencia está enfocada al análisis de la superficie de la tierra en donde interactúan la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biosfera. Igualmente, las geoformas por definición son la expresión superficial del terreno, de la interacción dependiente de los materiales constituyentes de las mismas y su disposición estructural, de los procesos geomórficos que interactúan según el ambiente morfogenético específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de los mencionados procesos (Carvajal, 2012).

Los procesos geomorfológicos son dinámicos y corresponden a todos los cambios que ha sufrido la tierra desde sus comienzos, tanto aquellos originados en su interior (geodinámica interna, o procesos endogenéticos), como los generados en su superficie por la interacción con la hidrósfera, la atmósfera y la biósfera (geodinámica externa, o procesos exógenos). Los procesos exógenos determinan los cambios de la superficie terrestre que contribuyen al remodelado y reducción de los relieves primarios por la acción aislada o combinada de la meteorización física o química de las rocas, la erosión y transporte de los materiales resultantes y de los fenómenos de remoción en masa. Estos procesos que destruyen o modifican las geoformas iniciales, son a la vez constructores de rocas, la erosión y transporte de los materiales resultantes y de los fenómenos de remoción en masa. Estos procesos que destruyen o modifican las geoformas iniciales, son a la vez constructores de nuevas formas del terreno mediante la sedimentación o deposición de los materiales transportados, estableciendo un equilibrio entre denudación - acumulación, cuya estabilidad depende de la resistencia, tipo de roca o sedimento, la acción y tiempo de duración de los agentes meteóricos propios de las condiciones climáticas prevalecientes (Carvajal, 2012).

2.5 CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS CORINE LAND COVER

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC 1990), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la

cobertura de la tierra, apoyando su papel como estándar 18 (un estándar de calidad según el proyecto o zona de estudio donde se vaya a realizar el inventario de las coberturas), para la generación de información sobre dinámicas de coberturas y cambios en el uso del suelo. En el caso colombiano, desde 2005, el país ha consolidado una adaptación metodológica de este estándar europeo para fortalecer la capacidad nacional de identificar las dinámicas de las coberturas de la tierra como aporte a la planificación del territorio (IDEAM, 2010). La base de datos de CORINE Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas.

2.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Debido a la necesidad de integrar el conocimiento técnico de manera interdisciplinaria, los Sistemas de Información Geográfica – SIG, son una herramienta idónea que permite utilizar información variada de distintas fuentes, y que, a su vez, facilita el análisis simultáneo de un mismo problema, en este sentido, los SIG suelen aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales, constituyéndose en una herramienta para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales (Díaz & Mercado, 2017).

Para Olaya (2014), *“un SIG es un elemento que permite analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre”*, teniendo en cuenta lo anterior, es importante entender que los SIG han sido una herramientas que tiene como objetivo la visualización de la superficie terrestre a diferentes escalas permitiendo de esta manera la identificación de las problemáticas socio-espaciales, es la conjunción de representación del espacio geográfico, la unión de componentes de base de datos alfanuméricos y base de datos gráficas Buzai G. (2013).

Según Sarria (2006), quien menciona que los Sistemas de Información Geográfica se definen como: *“sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación de datos espaciales en el campo de estudio”*. De esta manera, se puede dar un acercamiento frente a los SIG como: la unión de información digital y herramientas informáticas que ayudan y facilitan el análisis de datos georreferenciados (incluyen ubicación y una proyección), algunas características importantes de los SIG son: Capacidad de gran almacenamiento, agilización en consultas, selecciones y la interrelación que se maneja entre diferentes disciplinas y profesionales.

2.7 SENSORES REMOTOS Y TELEDETECCIÓN

Según López (2020), en su libro Fundamentos para la teledetección, menciona que: *“La teledetección o percepción remota (‘Remote Sensing’) es una disciplina científica que integra un amplio conjunto de conocimientos y tecnologías utilizadas para la observación, el análisis y la interpretación de fenómenos*

terrestres y atmosféricos”, es así como sus bases para la adquisición de información se remiten directamente a imágenes obtenidas con la ayuda de plataformas aéreas y espaciales. Por lo cual, es importante resaltar que la teledetección adquiere la información a una determinada distancia, sin que se tenga contacto directo con el objeto estudiado.

Los sensores remotos para la teledetección, particularmente aquellos ubicados sobre satélites, otorgan una percepción importante de la Tierra en un espacio y lugar determinado, capturando datos relevantes para identificar diferentes variables y componentes de ciencias como: geología y geomorfología, hidrología, coberturas de la tierra y la respectiva morfodinámica que se presenta en el transcurso del tiempo.

2.8 MORFODINÁMICA

Según la guía para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa a escala detallada (SGC, 2016), se debe establecer aquellos movimientos en masa que afectan o afectaron a la zona de estudio.

De acuerdo con lo anterior, se debe determinar los procesos morfodinámicos, que corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfodinámicos están asociados a una secuencia conformada por la erosión de las rocas, el transporte de los materiales removidos y la sedimentación de dichos detritos. En consecuencia, los procesos morfodinámicos dependen de una serie de factores externos relacionados con la energía del agente morfogenético, la posición geomorfológica; así mismo, la incidencia de factores internos tales como la composición mineralógica de las rocas, su textura y grado de cohesión.

Para identificar dichos procesos morfodinámicos se lo debe hacer en términos de sus factores causales (condicionantes y detonantes), distribución espacial y frecuencia de ocurrencia, esto con base a lo establecido en la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimiento en masa a escala 1:25.000 (SGC, 2017).

3 METODOLOGÍA

La metodología que se describe a continuación se basó en las guías de zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala detallada y escala básica del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Se presenta el diagrama metodológico, en el cual se describen los procesos desarrollados para realizar el inventario de procesos de remoción en masa a lo largo de la vía Nariño – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000.

METODOLOGÍA

INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

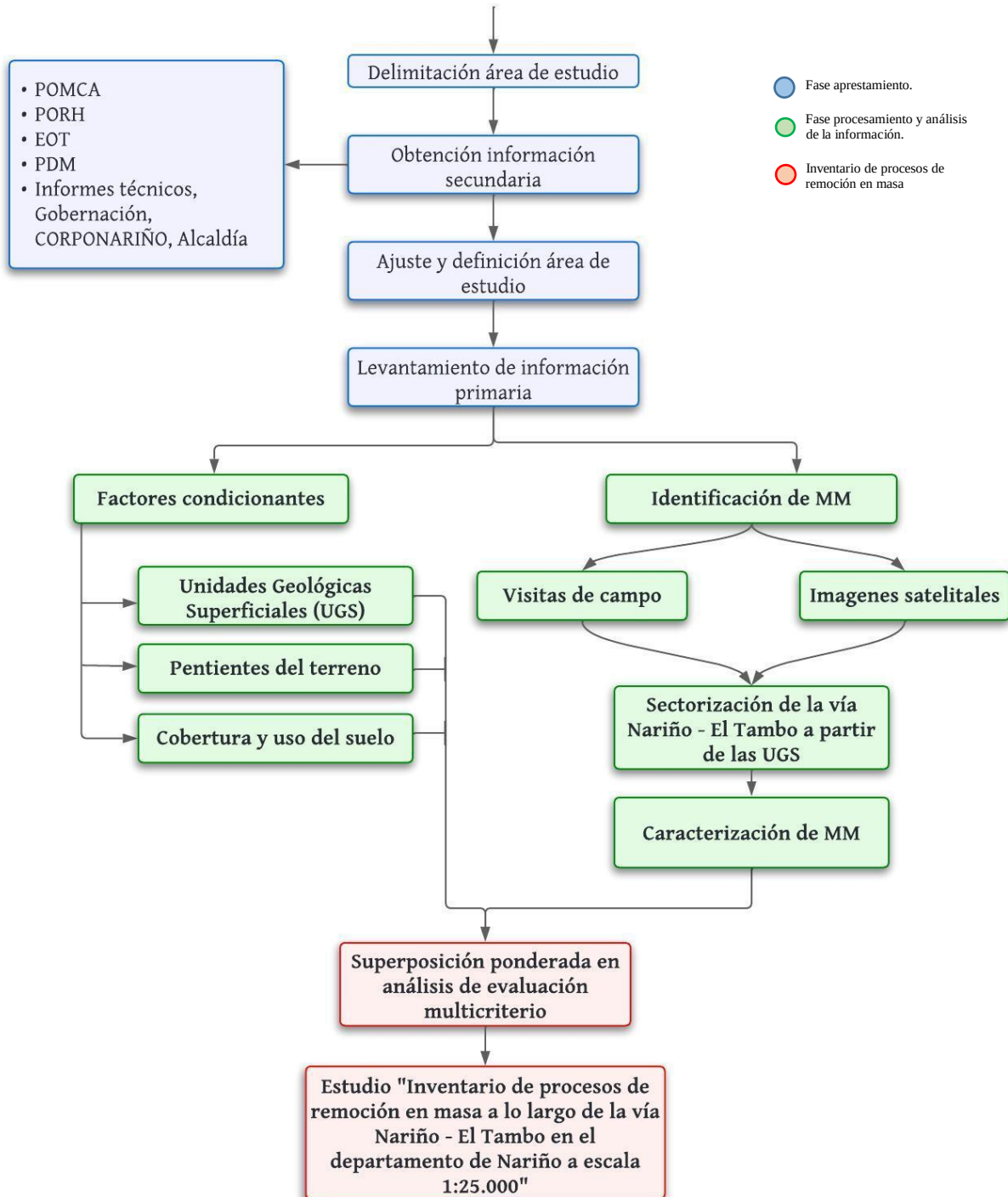


Figura 1 Diagrama metodología inventario de procesos de remoción en masa

3.1 FASE APRESTAMIENTO

3.1.1 Delimitación área de estudio

Se delimitó el área de estudio inicial tomando como referente principal informes técnicos realizados por la Corporación donde se identificaron movimientos en masa en varios sectores a lo largo de la vía que comunica al municipio de Nariño con el municipio de El Tambo; teniendo en cuenta lo anterior y mediante reuniones con el equipo técnico de gestión ambiental del riesgo de Corponariño, se decidió realizar un estudio de procesos de remoción en masa identificados en la vía desde la vereda El Silencio del municipio de Nariño hasta la cabecera municipal de El Tambo.

3.1.2 Información secundaria

Se recolectó información secundaria de los diferentes estudios que se han realizado en el área de interés entre los cuales se destacan los POMCA's de los ríos Guáitara y Juanambú. De igual manera, se tomó como referencia algunos informes técnicos realizados por la corporación referentes a movimientos en masa presentados en la vía del municipio de Nariño y el municipio de El Tambo. Así mismo, se consultó información disponible en las alcaldías de los municipios de interés y la gobernación del departamento de Nariño.

3.1.3 Ajuste y definición del área de estudio

El área final de estudio se definió a partir de la información primaria recolectada en campo y la información secundaria disponible. Finalmente se ajusta el área la cual cubre un buffer de 200 m al lado y lado de la vía que comunica al municipio de Nariño con el municipio de El Tambo para un total de 400m, la delimitación se hace con el fin de realizar el inventario de procesos de remoción en masa a lo largo de la vía Nariño – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000.

3.1.4 Levantamiento de información primaria

Para el levantamiento de información primaria, se realizaron visitas de reconocimiento en campo mediante recorridos a lo largo de la vía Nariño – El Tambo, con el fin de identificar los movimientos en masa que se presentan y realizar la caracterización de los más relevantes; así mismo, se analiza y se describe la geología, geomorfología, pendientes y coberturas presentes en la zona de estudio, además de la identificación y localización de elementos expuestos que podrían verse afectados por la ocurrencia de movimientos en masa.

3.2 FASE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.2.1 Factores condicionantes

Se definieron tomando como referencia la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 del Servicio Geológico Colombiano, la información primaria recolectada en campo y la información secundaria disponible. Teniendo en cuenta lo anterior, para el presente estudio se definieron los siguientes factores condicionantes más usuales: a) Unidades Geológicas Superficiales; b) Pendientes del terreno y c) Coberturas y uso del suelo.

3.2.1.1 Unidades Geológicas Superficiales (UGS)

Durante los recorridos de campo que se realizaron para identificar y caracterizar movimientos en masa en la vía Nariño – El Tambo, también se tomaron puntos de control con el fin de identificar características como litología, textura, humedad, permeabilidad, estructuras, granulometría, entre otros; lo anterior con el objetivo de comparar y verificar la información de los POMCA's de los ríos Guáitara y Juanambú en cuanto a las unidades geológicas superficiales (UGS) que afloran en el terreno.

3.2.1.2 Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es uno de los elementos más importantes a la hora de analizar la estabilidad del terreno y puede clasificarse acorde a su grado de inclinación, los rangos se determinaron mediante herramientas SIG y con el insumo principal correspondiente a Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución de 5 metros de pixel de los POMCA's de los ríos Guáitara y Juanambú. De igual manera, se corroboraron los resultados con lo observado en campo en las visitas realizadas a la zona de estudio y se evaluaron los puntos en los cuales se ubican los deslizamientos, procurando establecer rangos o clases equitativos con los que se pueda realizar un análisis adecuado.

En el texto base para el presente estudio correspondiente a la guía de zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25000 del servicio geológico 2017, se sugieren los rangos de pendiente a utilizar para el procesamiento de zonificación acorde a lo evidenciado en campo, las condiciones geomorfológicas y el criterio profesional a partir del análisis de las pendientes obtenidas, se ha agrupado los rangos, obteniendo la siguiente clasificación.

Tabla 2 Clasificación del factor pendiente

CLASE	CARACTERISTICAS	CONDICIONES DEL TERRENO
0° - 15°	Plano a moderadamente Inclinado	En estas pendientes se pueden observar que no hay denudación apreciable en bajas pendientes, a medida que se inclina el terreno se puede observar movimientos en masa de baja velocidad y procesos erosivos. Para las pendientes más altas en este rango se observan movimientos en masa de todos los tipos especialmente solifluxión periglasiar, reptación y ocasionalmente deslizamientos.
15° - 30°	Inclinada a fuertemente inclinada	En este rango se observan procesos denudacionales intensos como erosión y deslizamientos.
>30°	Escarpado	En este rango se pueden observar afloramientos rocosos y procesos denudacionales intensos., especialmente “denudación de escarpe”, susceptible a rodamiento de rocas.

3.2.1.3 Coberturas y uso del suelo

A partir de la “Leyenda Nacional de Coberturas de la tierra, Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1: 100.000” se establecieron los criterios para levantar la capa de coberturas de la tierra a escala 1:25.000. Teniendo en cuenta lo anterior, para el presente estudio se utilizó información secundaria como imágenes satelitales Esri, Bing Satélite y Google Satélite y se complementó la información con visitas de reconocimiento en campo. Posteriormente en oficina, se trabajó con un software SIG y la clasificación Corine Land Cover, para el procesamiento y ajuste de la capa de cobertura de la tierra obtenida de los POMCA’s de los ríos Guáitara y Juanambú.

3.2.1.4 Geomorfología

De igual manera que con las UGS, los puntos de control tomados durante los recorridos de campo, sirvieron para identificar características geomorfológicas relevantes en el área de estudio, lo anterior con el objetivo de verificar la información obtenida de los POMCA’s de los ríos Guáitara y Juanambú; sin embargo, esta información no será tenida en cuenta para el análisis de evaluación multicriterio.

3.2.2 Identificación de Movimientos en Masa

Para la identificación de movimientos en masa se tuvieron en cuenta las visitas de reconocimiento en campo a lo largo de la vía Nariño – El Tambo y se complementó con información obtenida mediante insumos como imágenes satelitales, dando como resultado la caracterización de movimientos en masa, y permitiendo el análisis de los mismos.

3.2.2.1 Visitas de campo

Durante las visitas de campo se identificaron y georreferenciaron todos los movimientos de remoción en masa a los cuales se tuvo acceso y visualización desde puntos estratégicos a lo largo de la vía Nariño – El

Tambo. Se realizó la caracterización de los más relevantes y se complementó con herramientas de georreferenciación adecuadas.

3.2.2.2 Imágenes satelitales

Uno de los insumos más importantes para el levantamiento del inventario de movimientos en masa fueron las imágenes satelitales. Para ello se investigaron varias fuentes como el portal EO Browser de Sinergise en el cual se obtienen imágenes de diferentes satélites como Sentinel, landsat, alos palar, entre otros. Por otra parte, se obtuvieron imágenes del satélite RASTER de google Earth mediante herramientas SIG como SAS Planet. El objetivo de la actividad fue obtener imágenes actualizadas y con buena resolución, sin obstáculos como nubosidad en el área de estudio, con el fin de corroborar la localización de los movimientos en masa levantados en campo y complementar la información con deslizamientos que no fueron identificados en campo por su difícil acceso.

3.2.3 Sectorización de la vía Nariño – El Tambo a partir de las UGS

Para realizar la sectorización de la vía Nariño – El Tambo, se tuvo en cuenta principalmente las Unidades Geológicas superficiales y sus características estructurales como determinantes para su delimitación, de esta forma cada sector fue acotado con respecto al cambio de litología que se presenta en el área de estudio, dando como resultado un total de 3 sectores a lo largo de la cuenca.

3.2.4 Caracterización de movimientos en masa

Teniendo en cuenta la información levantada en campo mediante las visitas de reconocimiento y el complemento de la información por medio de imágenes satelitales, se obtiene una tabla con los movimientos en masa georreferenciados a lo largo de la vía Nariño – El Tambo. Posteriormente se realiza la caracterización de los principales movimientos en masa identificados, teniendo en cuenta la magnitud del deslizamiento.

3.3 INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

3.3.1 Superposición Ponderada en Análisis de Evaluación Multicriterio

Para el análisis se empleó una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación, que permite integrar diferentes criterios en un solo marco de análisis, para dar una visión integral.

El análisis multicriterio en Sistemas de Información Geográfica (SIG) es un proceso que permite evaluar diferentes soluciones a un problema utilizando variables cartográficas y múltiples criterios. Este análisis ayuda a tomar decisiones más convenientes.

El análisis de evaluación multicriterio sirve para la elaboración de mapas de riesgo como incendios, movimientos en masa, por ejemplo, recurriendo a variables vinculadas a la pendiente, tipo de vegetación, proximidad a carreteras, morfología del territorio o presencia de especies, uso y cobertura del suelo.

Cada variable es trabajada y adaptada bajo unos criterios que justifican su implicación en el esquema de prioridades del análisis. Posteriormente son combinadas con el resto para, a través de esos criterios, obtener un resultado cuantitativo que permita seleccionar el mejor escenario y/o alternativa territorial, aunque no sea necesariamente la mejor opción.

3.3.2 Estudio “Inventario de procesos de remoción en masa a lo largo de la vía Nariño (N) – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000”

Una vez identificados y georreferenciados los movimientos en masa por sectores, la información completa relacionada con las características físicas del terreno y definidos los factores condicionantes (UGS, pendientes, coberturas del suelo); así como, los resultados de la superposición ponderada del análisis de evaluación multicriterio, se procede finalmente con la consolidación del “Inventario de los procesos de remoción en masa a lo largo de la vía Nariño (N) – El Tambo en el departamento de Nariño a escala 1:25.000”.

4 RESULTADOS

4.1 FASE DE APRESTAMIENTO

4.1.1 Delimitación área de estudio

Teniendo en cuenta la Ley 1228 de 2008 referente a las áreas de exclusión o fajas mínimas de retiro obligatorio para las carreteras de la red vial nacional, se establece que, para las carreteras de segundo orden se debe respetar una faja de retiro obligatorio de 45 metros a lado y lado del eje de la vía. Así mismo, se tiene como información base los POMCA´s de los ríos Guáitara y Juanambú para el desarrollo del presente estudio, se usa un Buffer con un área de influencia de 200 metros a cada lado de la vía para delimitar la zona de interés; así mismo, se toma como punto de partida para el estudio el cruce en la vereda El Silencio del municipio de Nariño con coordenadas de referencia: 1°17'20,813"N, 77°22'13,997"W y finaliza en la cabecera municipal de El Tambo en las coordenadas de referencia: 1°24'9.523"N 77°23'5,978"W (Figura 2).

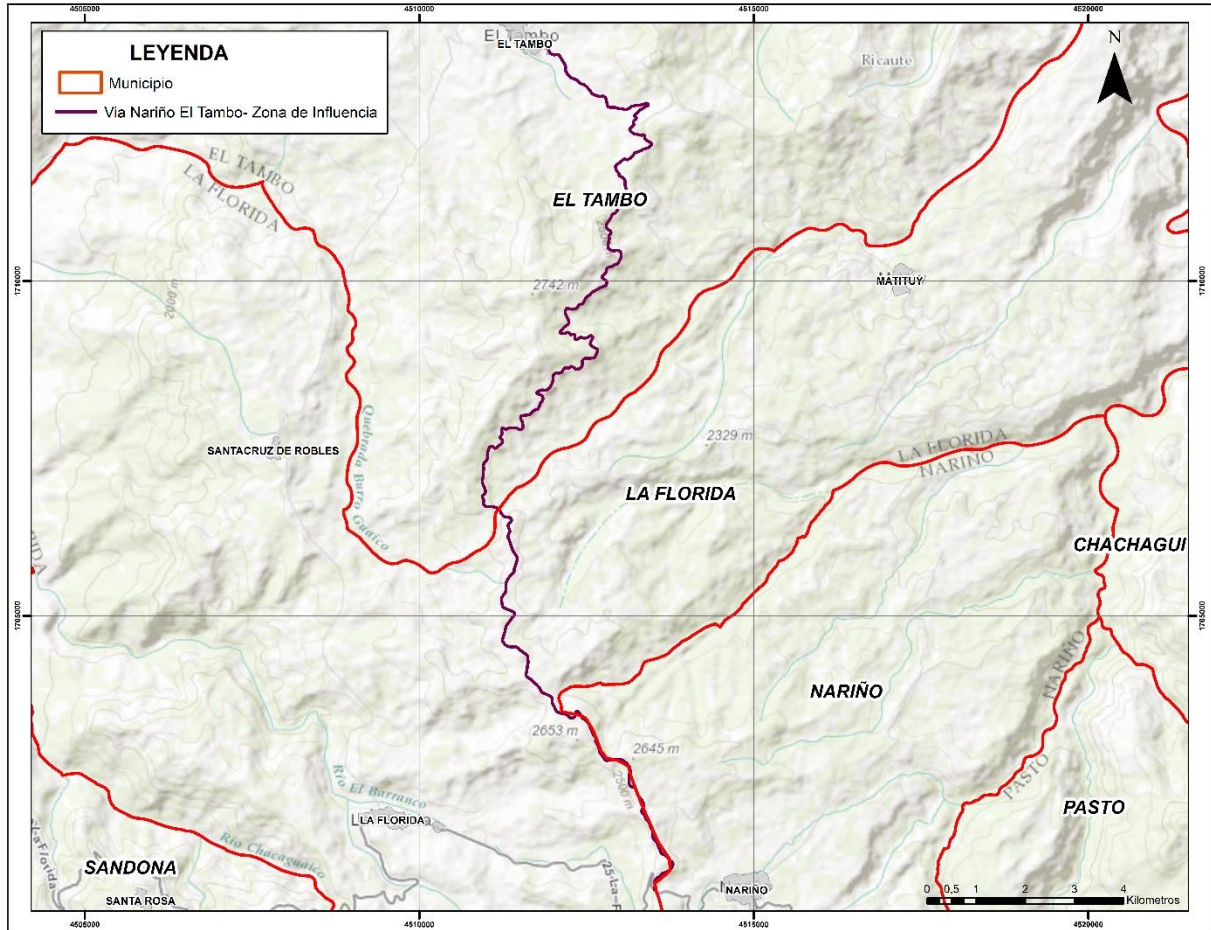


Figura 2 Delimitación área de estudio

4.1.2 Información secundaria

En la tabla 2 se registra la información documental y cartográfica encontrada en la fase de aprestamiento con el fin de ser utilizada en el presente estudio.

Tabla 3 Recopilación de insumos para la etapa de aprestamiento

No.	Tema	Insumo	Origen	Año
1	Información base	POMCA Río Guaitara POMCA Río Juanambú	Corponariño	2015
2	Informes técnicos	Informe de seguimiento 003/23	Corponariño	2023
3	Imágenes satelitales	Google Satélite, Esri Satélite y Bing Satélite	ArcGis Google Earth	2024
4	Modelo de Elevación Digital de 5 metros	POMCA Río Guaitara POMCA Río Juanambú	Corponariño	2015

4.1.3 Ajuste y definición del área de estudio

De acuerdo a la información secundaria obtenida en la fase de aprestamiento y las visitas de reconocimiento en campo, se define sectorizar el área para facilitar la caracterización del inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes de la vía Nariño – El Tambo y el análisis de susceptibilidad (Tabla 3 y Figura 3).

Tabla 4 Sectorización de la vía Nariño – El Tambo

No.	SECTORES	COORDENADAS				LOCALIZACION	
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12			
		LONGITUD W	LATITUD N	X	Y		
1	SECTOR UNO	77° 22' 13,997" W	1° 17' 20,813" N	4513509	1700897	Sur	Vereda El Silencio (municipio de Nariño), vereda El Barranco (municipio de La Florida) y via Departamental que conduce al municipio de la florida
						Norte	Vereda El Sanjon (municipio de El Tambo) y el sector Higueron municipio de El Tambo
						Oriente	Veredas Plazuelas (municipio de La Florida), Alto Arayan (municipio de Pasto) y Alto Pradera (municipio de Nariño)
						Occidente	Veredas Cacique Alto y Sector Oriental pertenecientes al municipio de La Florida
2	SECTOR DOS	77° 23' 36,763" W	1° 20' 30,751" N	4510955	1706748	Sur	Limite municipal de La Florida y Vereda El Sanjon (municipio de El Tambo)
						Norte	Vereda Llano largo (municipio de El Tambo) y quebrada El Cardal
						Oriente	Veredas Capuli y Zanjon (municipio De El Tambo)
						Occidente	Veredas La Sultanay Llano Largo (municipio de Nariño)
3	SECTOR TRES	77° 22' 19,497" W	1° 23' 40,702" N	4513359	1712590	Sur	Vereda Llano largo (municipio de El Tambo) y quebrada El Cardal
						Norte	Cabecera municipal de El Tambo
						Oriente	Vereda Bello Horizonte (municipio de El Tambo)
						Occidente	Vereda Bello Horizonte (municipio de El Tambo), Quebrada El Cardal y el Rio Molinoyaco
4	FINAL DEL ESTUDIO	77° 23' 5,978" W	1° 24' 9,523" N	4511921	1713480	Norte	Cabecera municipal de El Tambo

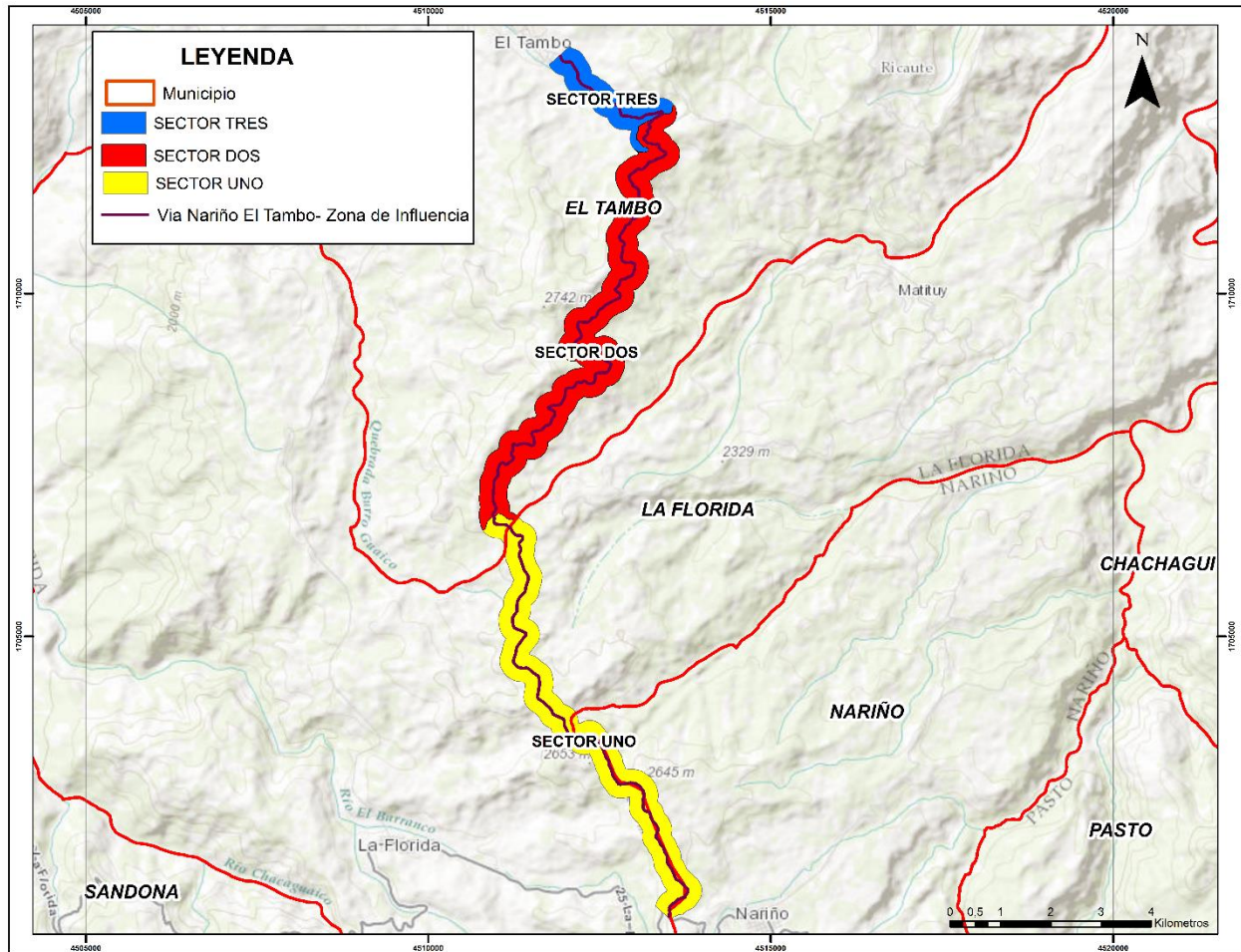


Figura 3 Sectorización de la vía Nariño – El Tambo

4.1.4 Levantamiento de información primaria

El levantamiento de información primaria se realizó mediante visitas de reconocimiento en campo, las cuales tenían como objetivo principal la identificación y caracterización de movimientos en masa en la vía que comunica al municipio de Nariño con el municipio de El Tambo y la toma de registro fotográfico; de igual manera, en las salidas de campo se observaron y analizaron las coberturas y usos del suelo, geología, geomorfología y pendientes, con el fin de comparar y corroborar la información contenida en los POMCA's del río Guáitara y Juanambú, obteniendo de esta forma la susceptibilidad del área de estudio.

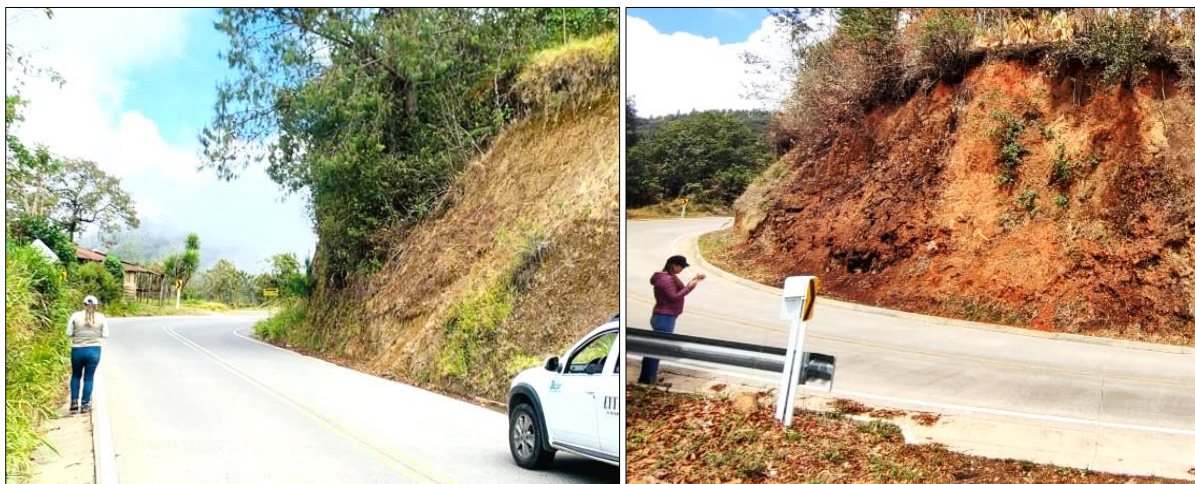


Figura 4 Visitas de reconocimiento en campo, equipo de Gestión Ambiental del Riesgo de Corponariño.

4.2 FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.2.1 Cobertura y uso del suelo

En este capítulo se describe el uso y la cobertura del suelo identificada en el área de estudio de forma general; no obstante, en la descripción de cada sector se mencionará con precisión las coberturas que predominan.

4.2.1.1 Diagnóstico y simulación análisis de coberturas del suelo

Se identificaron 12 coberturas de la tierra, para la identificación y clasificación de la cobertura y uso actual del suelo, se utilizó la metodología Corine Land Cover, de la representación de la cobertura actual basada en un nivel de 1 a 3 según la metodología asimilada que se presentan en la zona de la vía que comunica del municipio de Nariño a la cabecera municipal del municipio de El Tambo. Con apoyo de imágenes satelitales gratuitas de alta resolución se identificaron los diferentes tipos de coberturas que están contenidas en los 3 sectores, las cuales se agrupan en: Arbustal abierto, Bosque de galería y/o ripario, Bosque fragmentado, Herbazal denso de tierra firme no arbolado, Mosaico de cultivos, Mosaico de cultivos y espacios naturales, Mosaico de pastos y cultivos, Mosaico de pastos y espacios naturales, Pastos arbolados, Pastos enmalezados, Pastos limpios, Red vial y territorios asociados. En adelante a fin de obtener los insumos cartográficos con la información detallada de las coberturas, se procesa la información con apoyo del software ARC-GIS.

- **Arbustal abierto:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre el 30% y el 70% del área total de la unidad. Estas formaciones

vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. (IDEAM, 2010).

- **Bosque de Galería y ripario:** Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.
- **Bosque Fragmentado:** Esta cobertura comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se ha presentado intervención humana de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de pastos y cultivos, las cuales se observan como parches de variadas formas y distribución irregular dentro de la matriz del bosque.
- **Herbazal denso de tierra firme no arbolado:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IDEAM, 2010).
- **Mosaico de cultivos:** Son unidades que reúnen dos (2) o más clases de coberturas agrícolas de tipo transitorio o permanente, dispuestas en un patrón intrincado de mosaico geométrico que hace difícil su separación en coberturas individuales. Estos arreglos están relacionados con el tamaño reducido de algunos predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra (IDEAM, 2010).
- **Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales:** Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente.

- **Mosaico de pastos y cultivos:** Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (IDEAM, 2010). El mosaico de pastos y cultivos presenta en la imagen arreglos geométricos característicos que facilitan su interpretación; así como también una amplia gama de tonos y colores debido a sus diferentes estados vegetativos y las variadas prácticas de manejo. Pueden presentar confusión con la unidad de mosaico de cultivos, por la similitud en el patrón espacial. Para su identificación y clasificación se requiere el uso de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos, control de campo y otra información agrícola (IDEAM, 2010).
- **Mosaico de pastos con espacios naturales:** Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor al área mínima cartografiable (IDEAM, 2010). Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural. (IDEAM, 2010).
- **Pastos arbolados:** Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. (IDEAM, 2010).
- **Pastos enmalezados:** Este tipo de cobertura está conformada por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. Se evidencia este tipo de cobertura, que conforman asociaciones de vegetación secundaria, malezas del orden graminales como carrizo y vegetación arbustiva de hasta 1m de altura, e individuos de helecho (Polypodiophyta). La presencia de esta cobertura es producto de una marcada intervención antrópica.
- **Pastos limpios:** La cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o

fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas cabe resaltar que las prácticas de manejo realizadas y el nivel tecnológico para establecer este cultivo, limitan el desarrollo o establecimiento de otras especies arbóreas o arbustivas para recuperación de suelos.

- **Red vial y territorios asociados:** Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. (IDEAM, 2010).

4.2.2 Identificación de movimientos en masa

La identificación de movimientos en masa se realizó a partir de visitas de reconocimiento en campo donde se localizaron la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en la vía Nariño – El Tambo, dicha información fue complementada mediante el reconocimiento de movimientos en masa con imágenes satelitales y el programa Google Earth.

A continuación, en la tabla 4 se encuentra la ubicación en coordenadas geográficas y planas CTM12 de los movimientos en masa identificados en la vía Nariño – El Tambo.

Tabla 5 Inventario de deslizamientos identificados en la vía Nariño – El Tambo

DESLIZAMIENTOS IDENTIFICADOS EN LA VIA NARIÑO-TAMBO						
PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LATITUD N	LONGITUD W	X	Y	
1	Deslizamiento 1	1° 20' 24.538" N	77° 23' 28.626" W	4511207	1706556	2500
2	Deslizamiento 2	1° 20' 38.738" N	77° 23' 37.405" W	4510935	1706994	2530
3	Deslizamiento 3	1° 20' 58.000" N	77° 23' 31.000" W	4511135	1707586	2560
4	Deslizamiento 4	1° 21' 5.400" N	77° 23' 18.000" W	4511538	1707813	2490
5	Deslizamiento 5	1° 21' 11.500" N	77° 23' 17.300" W	4511560	1708001	2490
6	Deslizamiento 6	1° 21' 34.489" N	77° 23' 0.747" W	4512074	1708708	2570
7	Deslizamiento 7	1° 21' 39.540" N	77° 22' 46.290" W	4512522	1708862	2540
8	Deslizamiento 8	1° 21' 42.800" N	77° 22' 42.100" W	4512652	1708962	2480
9	Deslizamiento 9	1° 21' 57.200" N	77° 22' 56.400" W	4512210	1709406	2470
10	Deslizamiento 10	1° 22' 5.900" N	77° 22' 50.200" W	4512403	1709674	2510
11	Deslizamiento 11	1° 22' 10.100" N	77° 22' 46.400" W	4512521	1709803	2490
12	Deslizamiento 12	1° 22' 18.600" N	77° 22' 42.700" W	4512636	1710064	2520
13	Deslizamiento 13	1° 22' 34.700" N	77° 22' 39.000" W	4512751	1710560	2510
14	Deslizamiento 14	1° 22' 51.800" N	77° 22' 32.300" W	4512960	1711086	2470
15	Deslizamiento 15	1° 23' 29.200" N	77° 22' 18.100" W	4513402	1712236	2380

4.2.3 Caracterización de movimientos en masa

4.2.3.1 Sectorización de la vía Nariño – El Tambo

Con el objetivo de facilitar el desarrollo del presente estudio, se definió dividir la vía que conduce del municipio de Nariño al municipio de El Tambo por sectores, teniendo como base para su delimitación las Unidades Geológicas Superficiales (UGS); de igual manera, para cada sector y con el fin de realizar una adecuada caracterización de movimientos en masa, se tendrán en cuenta factores relevantes como geomorfología, pendientes y cobertura y uso del suelo en su descripción.

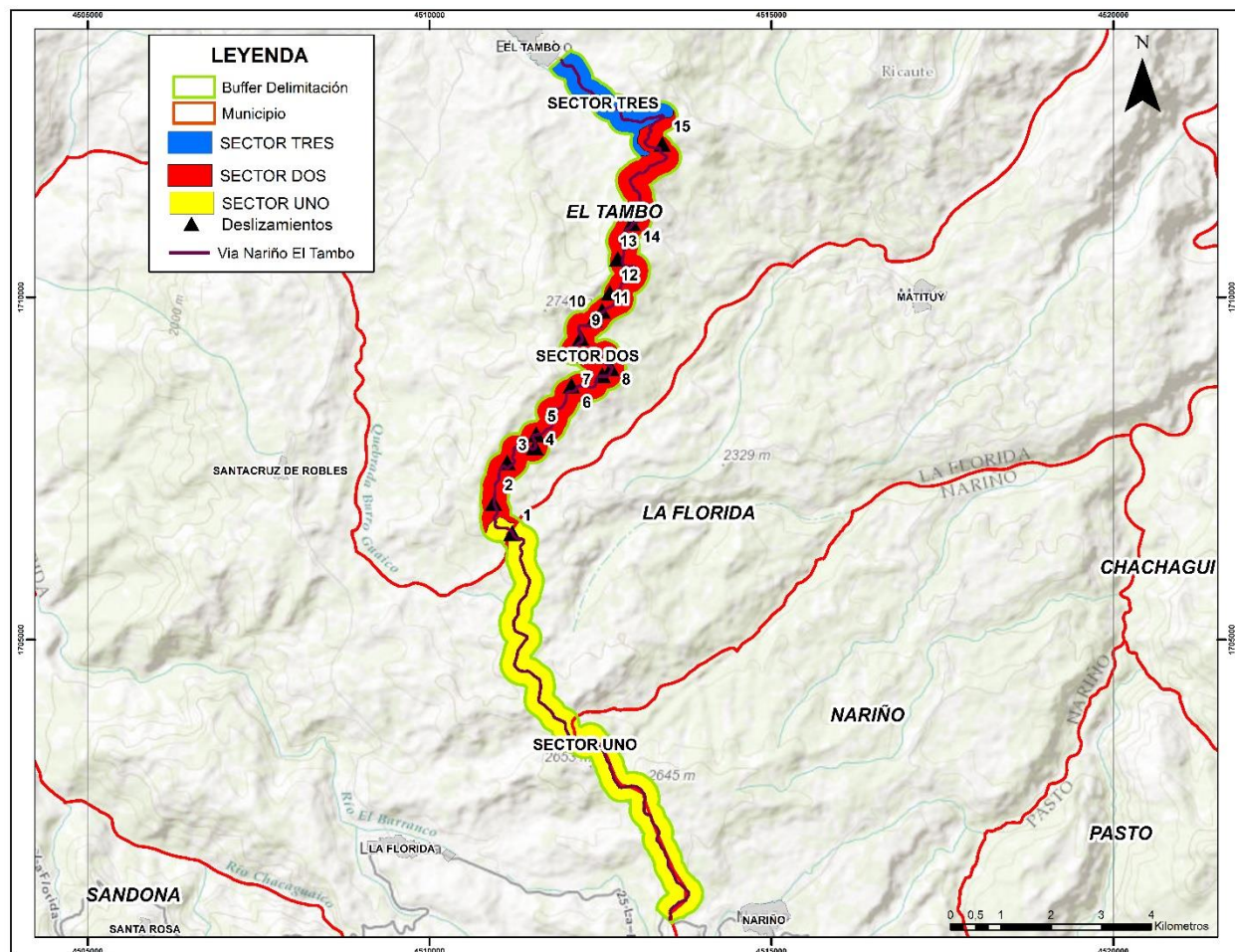


Figura 5 Sectorización y deslizamientos identificados en la vía Nariño – El Tambo

4.2.3.1.1 SECTOR 1

El SECTOR 1 inicia al sur en la vereda El Silencio municipio de Nariño, coordenadas de referencia: $1^{\circ} 17' 20,813''$ N, $77^{\circ} 22' 13,997''$ W y termina en la vereda El Zanjón del municipio de El Tambo, coordenadas de referencia: $1^{\circ} 20' 30,751''$ N, $77^{\circ} 23' 36,763''$ W. En esta zona se identificó solo un movimiento en masa en los márgenes de la vía.

Tabla 6 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1

DESGLIZAMIENTOS IDENTIFICADOS EN LA VIA NARIÑO-TAMBO, SECTOR 1						
PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LATITUD N	LONGITUD W	X	Y	
1	Deslizamiento rotacional	1° 20' 24.538" N	77° 23' 28.626" W	4511207	1706556	2500

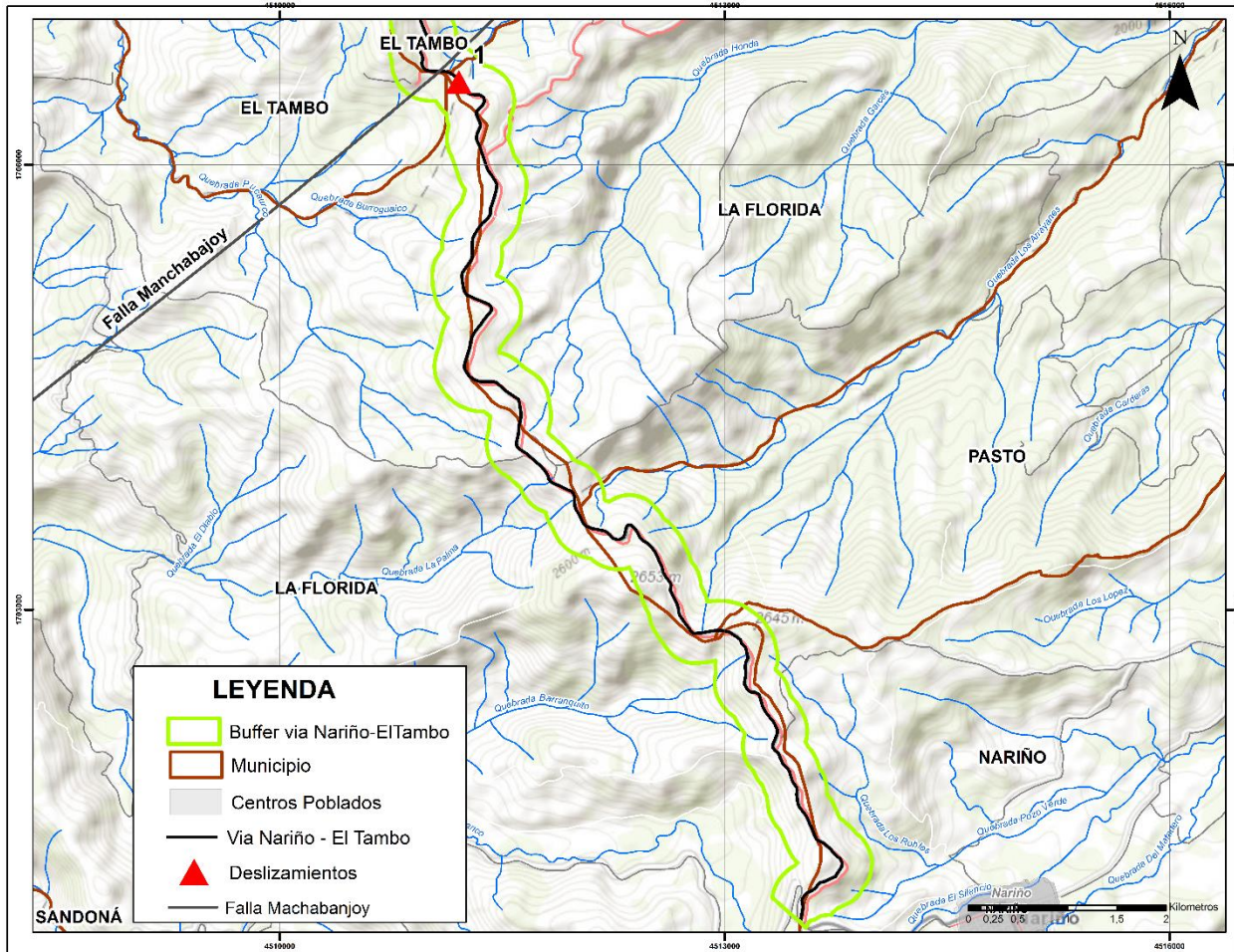


Figura 6 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1

- Unidades Geológicas Superficiales que afloran en el SECTOR 1

De acuerdo a los POMCA's de los ríos Guátara y Juanambú y la plancha geológica 410 La Unión, en el SECTOR 1 aflora la unidad Lavas y Cenizas (TQvlc) la cual está conformada principalmente por lavas andesíticas, riolíticas y basálticas, acompañadas de cenizas y piroclastos, asociadas a la actividad volcánica de los volcanes Galeras durante el Plio-Cuaternario. Esta unidad incluye productos lávicos

masivos y secuenciales que se presentan como rocas cristalinas con tonalidades marrones, cremas y naranjas, con una textura que varía entre lavas macizas y depósitos de cenizas. El área se encuentra influenciada por la falla Manchabajoy que presenta un rumbo dextral con dirección NE, a lo largo de esta falla se encuentran algunos cuerpos hipoabisales relacionados con su desplazamiento.

Desde el punto de vista geomecánico, la roca es moderadamente dura a débil, con un grado de meteorización avanzado ($GSI \approx 45-64$), lo que indica una considerable alteración superficial, dando lugar a un suelo residual compuesto principalmente por arcilla limosa de humedad baja, con un ángulo de fricción cercano a 26° y cohesión alrededor de 17 kPa. Estos suelos presentan una consistencia blanda y son indicativos de un ambiente denudacional. Los ensayos geotécnicos muestran resistencias moderadas, con valores entre 40 y 60 en el martillo de Schmidt para las lavas macizas, y entre 3 y 4.25 kg/cm² en los depósitos piroclásticos al realizar el ensayo con penetrómetro.



Figura 7 Fotografía tomada en el sector El Zanjón del municipio de El Tambo (Coordenadas: $1^\circ 20' 24,7'' N$ $77^\circ 23' 28,3'' W$), se evidencian suelo residual de lavas y cenizas (TQvlc)

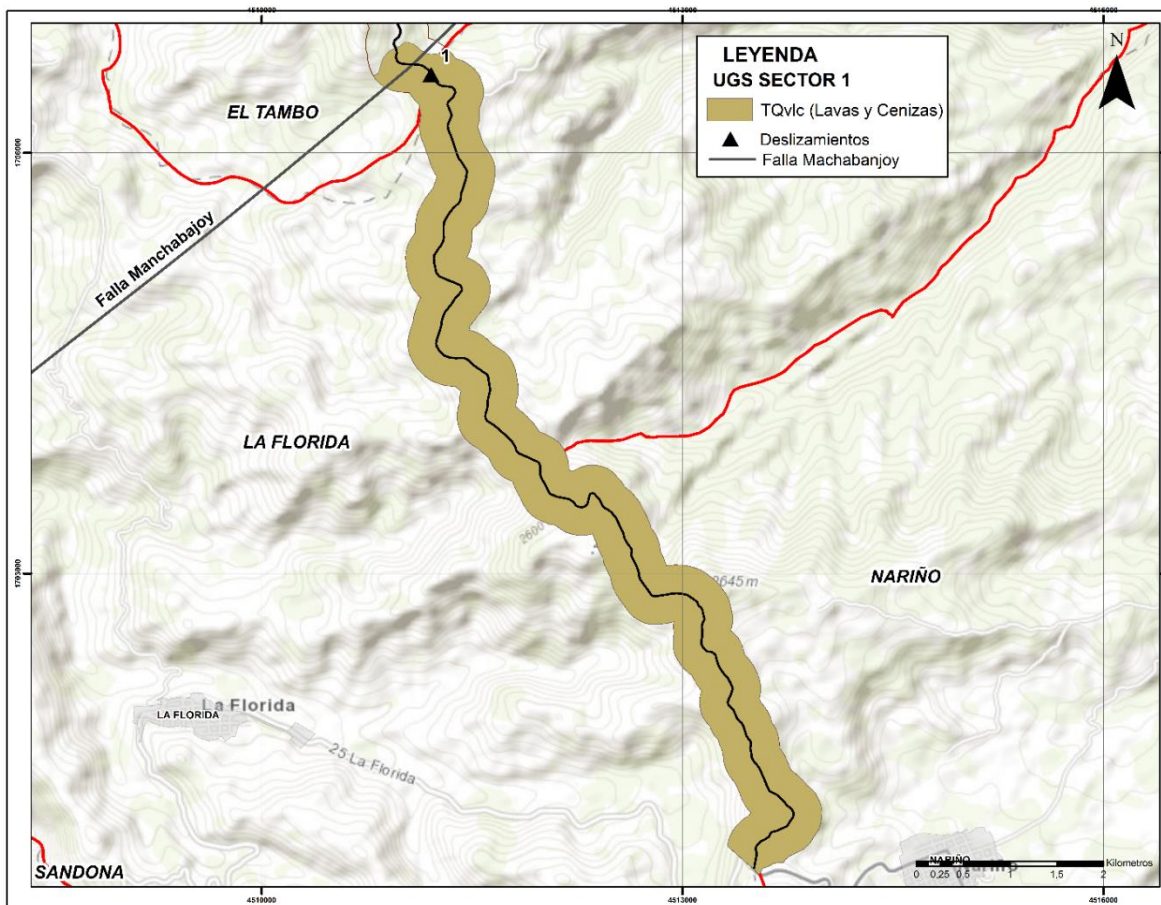


Figura 8 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 1

- **Geomorfología identificada en el SECTOR 1**

De acuerdo a los POMCA's de los ríos Guáitara y Juanambú, en el SECTOR 1 se identifican las siguientes geoformas:

Artesa glacial (Gag): Esta unidad se ha identificado en la parte sur y oriental dentro de los municipios de La Florida y Nariño. En campo se muestra como una depresión continua e irregular limitada por laderas muy cortas a largas, con pendientes escarpadas y fondos planos. Por lo general su perfil tiene forma en U y su origen se asocia con una masa de hielo canalizada que excava o excavó profundos valles. Es una forma característica de la actividad erosiva de los glaciares. Esta unidad presenta una forma bien definida por sus flancos, los cuales limitan un valle en forma de U que va siendo más estrecho en la dirección de aguas abajo y que ha sido modelado por el movimiento de las masas de hielo sobre depósitos asociados a actividad volcánica

Escarpe de erosión mayor (Deem): Laderas abruptas o desplomes de altura variable que puede formarse por distintas causas: Tectónicas, por la abrasión (erosión fluvial y marina), por procesos gravitacionales, glaciales o actividad antrópica. Laderas cortas a largas, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada.

Lomeríos disectados (Dldi): Esta subunidad aflora en los municipios de La Florida y Nariño. En campo se muestra como prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas, localizadas hacia la parte central de la subzona hidrográfica, son originadas por procesos de denudación intensos sobre depósitos asociados a actividad volcánica como lavas y cenizas, lluvias de ceniza, depósitos glaciares y fluvio-glaciares. En el sector Zanjón se evidencian movimientos en masa con superficie de falla poco profundos.

Loma denudada (Dld): prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, con una morfología alomada y elongada, laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas. Se caracteriza por presentar movimientos en masa y procesos erosivos intensos. Su origen está relacionado con procesos intensos de meteorización y erosión diferencial, sobre depósitos asociados a actividad volcánica como lavas, cenizas y lluvias de cenizas

Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml): Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; corresponde a formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico.

Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo): Elevación del terreno con una altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local, con una morfología colinada, cóncava o convexa, suavemente inclinada y con drenaje divergente. Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados.

Cono o lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco): Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja. Su origen es relacionado a procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Estos materiales

agrupan los depósitos de talud y derrubios, constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de composición variada, embebidos en una matriz arcillosa a areno-limo-arcillosa, que se han propuesto para describir los cambios de pendientes pronunciados que se presentan en la base de algunas laderas.

Sierra residual (Dsr): Prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, asociada con suelos residuales con espesores mayores a 3 metros. Esta subunidad está ampliamente distribuida en la subzona hidrográfica, donde su origen es relacionado a procesos de meteorización intensa en variados sustratos que abarcan depósitos asociados a actividad volcánica como lo son lavas y cenizas, lluvias de ceniza, avalanchas ardientes y de escombros.

Lomeríos disectados (Dldi): Esta subunidad aflora en los municipios de La Florida y Nariño. En campo se muestra como prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas, localizadas hacia la parte central de la subzona hidrográfica, son originadas por procesos de denudación intensos sobre depósitos asociados a actividad volcánica como lavas y cenizas, lluvias de ceniza, depósitos glaciares y fluvio-glaciares. En el sector Zanjón se evidencian movimientos en masa con superficie de falla poco profundos.



Figura 9 Fotografía tomada en la vía Nariño – El Tambo (Coordenadas: 1°20'29.9"N 77°23'35.9"W), se evidencian Lomeríos disectados (Dldi), donde se aprecia la morfología alomada con cimas redondeadas y amplias, así como procesos de reptación, inclinación de árboles y desplazamiento del terreno por influencia de la Falla Manchabajoy.

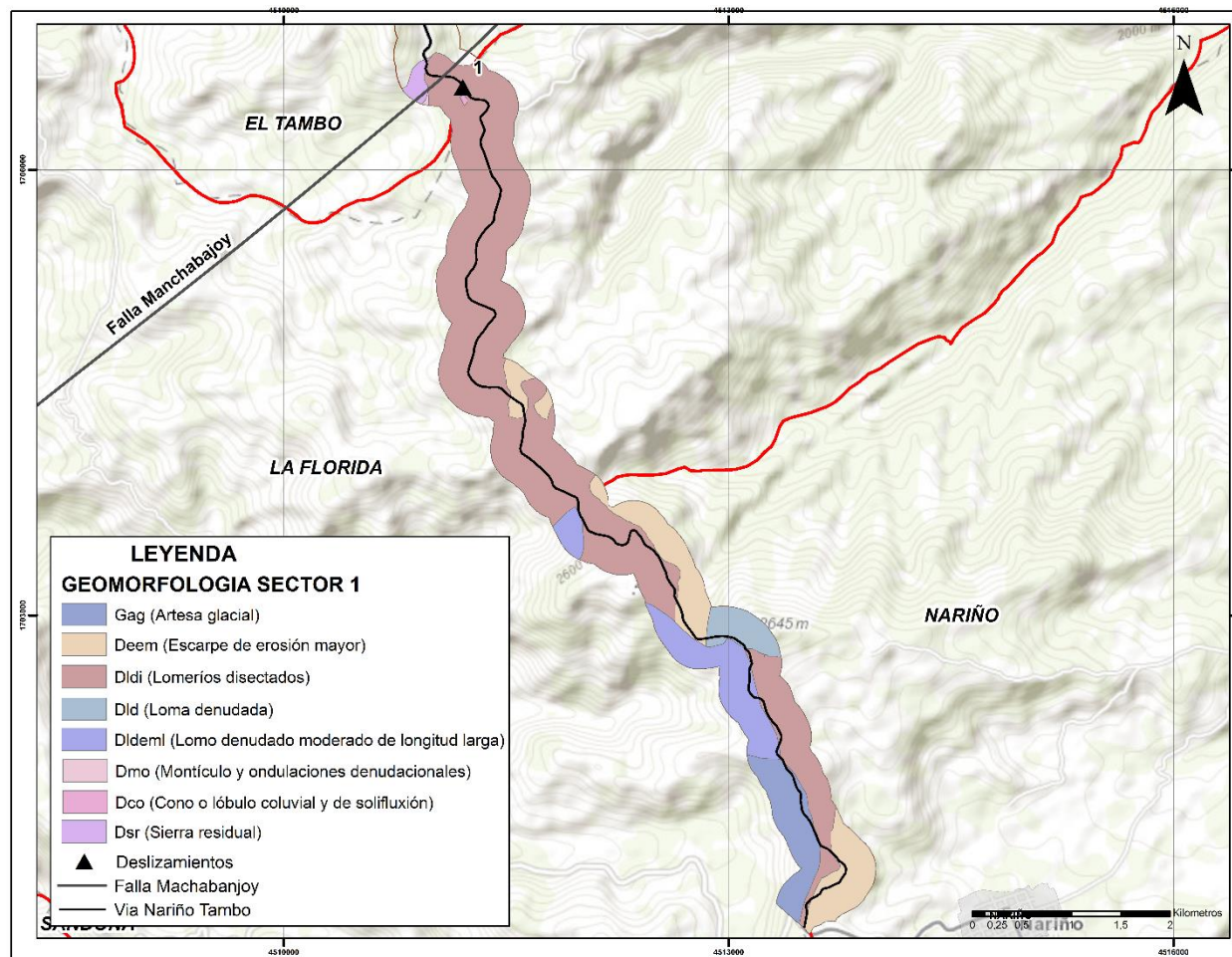


Figura 10 Mapa de geomorfología del SECTOR 1

- Pendientes identificadas en el SECTOR 1

En el sector 1 predominan las pendientes entre 0° y 30° en un área aproximada entre 268 has correspondientes al 86% del área total de este sector, el deslizamiento identificado en campo se ubica en pendientes que oscilan entre los 0° y 15° ubicado en la vereda El Zanjón en el municipio El Tambo, en la vía que conduce a la cabecera municipal del municipio de El Tambo.

Tabla 7 Pendientes identificadas en el SECTOR 1

SIMBOLO	DESCRIPCION	PENDIENTE_GRADOS	Area_Has	Porcentaje
a	Plano a moderadamente inclinado	$0-15^{\circ}$	137.122	44,1
b	Inclinada a fuertemente inclinada	$15-30^{\circ}$	130.486	42
c	Escarpado	$>30^{\circ}$	43.148	13,9
TOTAL			310.756	100

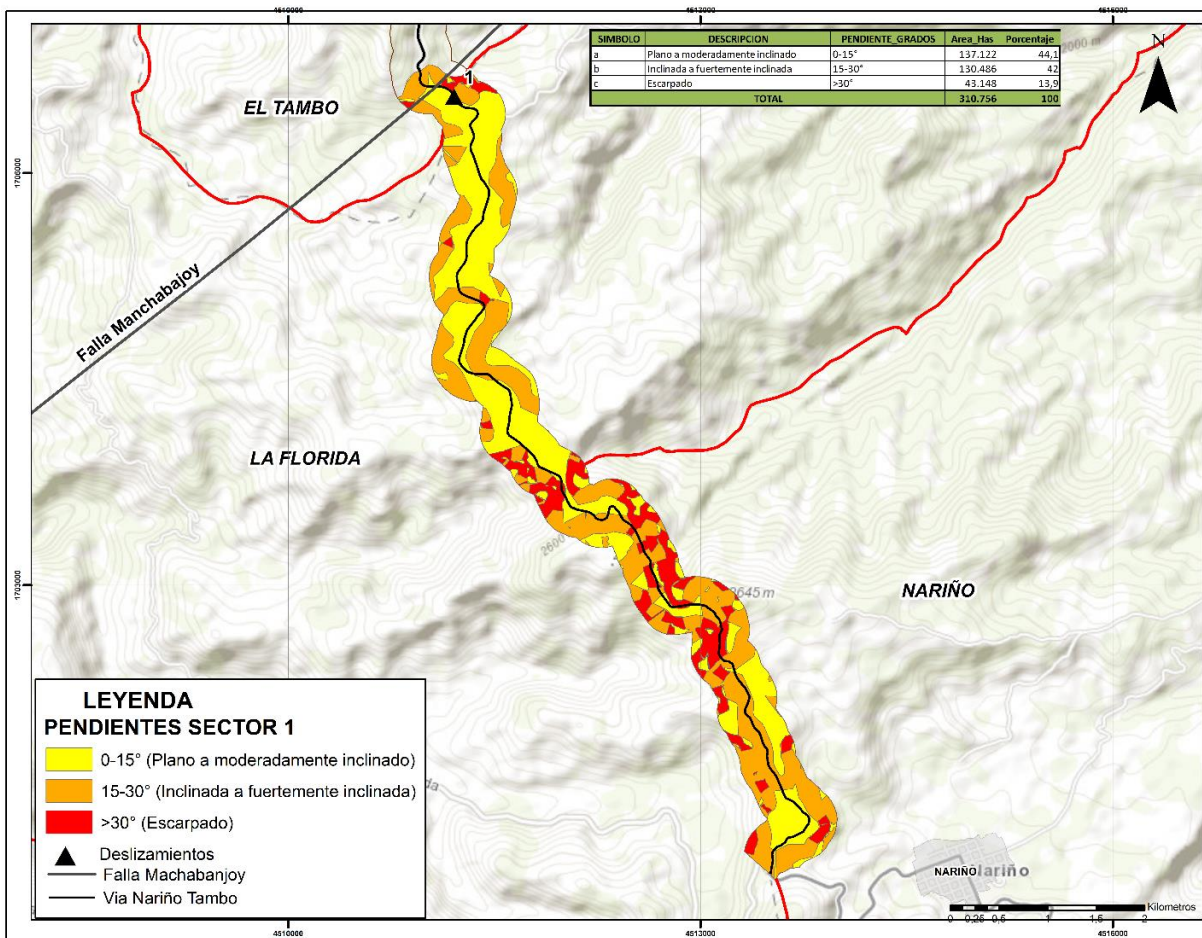


Figura 11 Mapa de pendientes SECTOR 1

- Coberturas de la tierra identificadas en el SECTOR 1

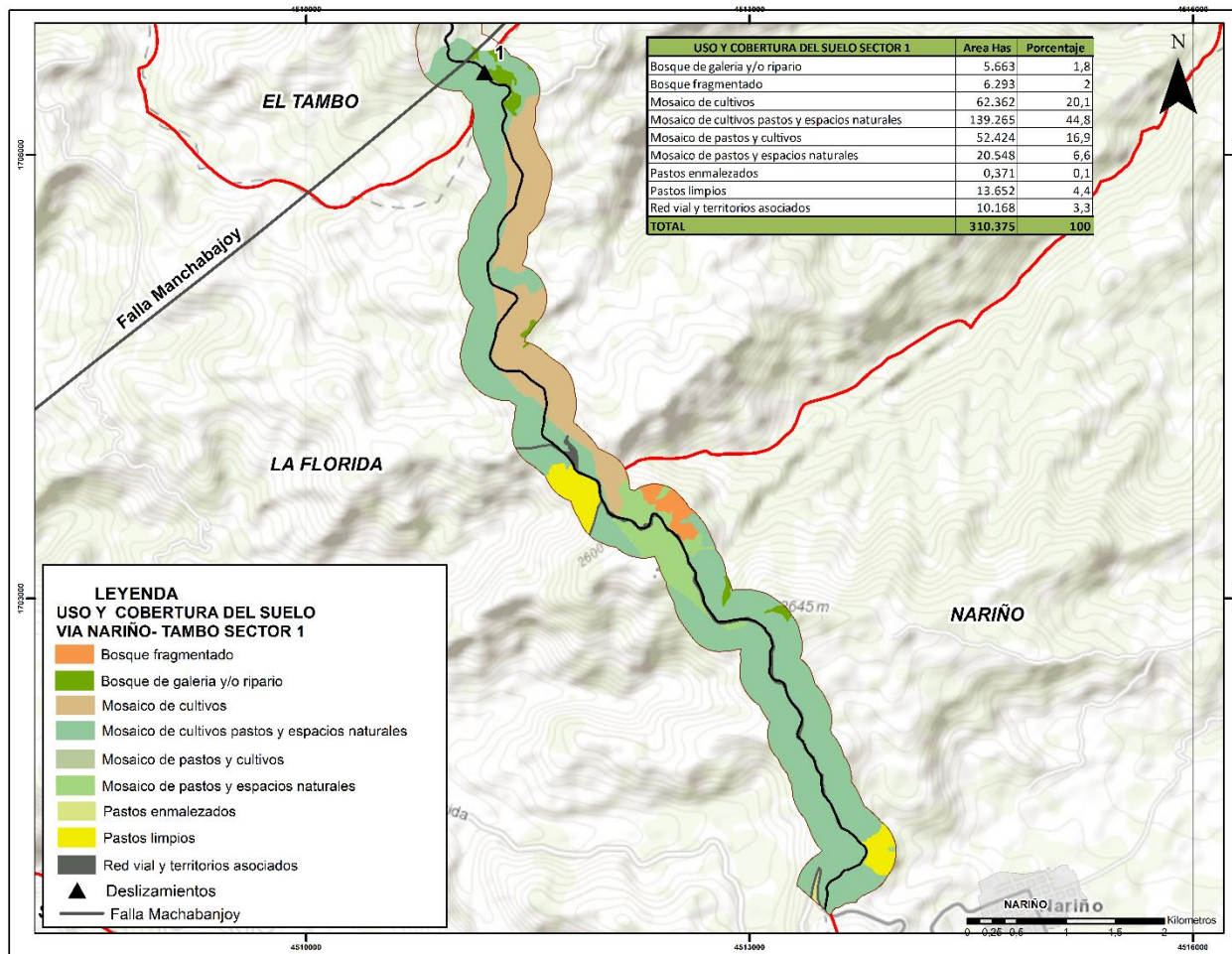
En el SECTOR 1, la cobertura predominante es mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y mosaico de cultivos, que abarca un área aproximada de 201,627 has, equivalente al 64,9%. (Figura 12).

Tabla 8 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 1

USO Y COBERTURA DEL SUELO SECTOR 1	Area Has	Porcentaje
Bosque de galería y/o ripario	5.663	1,8
Bosque fragmentado	6.293	2
Mosaico de cultivos	62.362	20,1
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	139.265	44,8
Mosaico de pastos y cultivos	52.424	16,9
Mosaico de pastos y espacios naturales	20.548	6,6
Pastos enmalezados	0,371	0,1
Pastos limpios	13.652	4,4
Red vial y territorios asociados	10.168	3,3
TOTAL	310.375	100



Figura 12 Cobertura mosaico de cultivos pastos y espacios naturales –SECTOR 1



- **Descripción de principales deslizamientos identificados en el SECTOR 1**

En el sector 1, en El Zanjón del municipio de El Tambo, se identificó un deslizamiento rotacional con coordenadas de referencia: $1^{\circ}20'20.77''$ N, $77^{\circ}23'27.48''$ W. El material que conforma la zona corresponde a Lavas y Cenizas (TQvlc) de origen ígneo volcánico, de tonalidades marrones y cremas, la roca se presenta medianamente fuerte a débil y altamente meteorizada. Geomorfológicamente se encuentran Lomeros Disectados (Dldi) que son prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de formas rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas y presencia de reptación.

Este movimiento en masa de gran magnitud ocasionó el colapso de la vía Nariño - El Tambo, por lo cual fue necesaria su reubicación; actualmente en el cuerpo del deslizamiento ha crecido vegetación de forma natural y aun se puede apreciar la corona del deslizamiento (Figura 14). De igual manera, se están realizando obras de mitigación para darle estabilidad a la vía como muros en gaviones y placa huella.

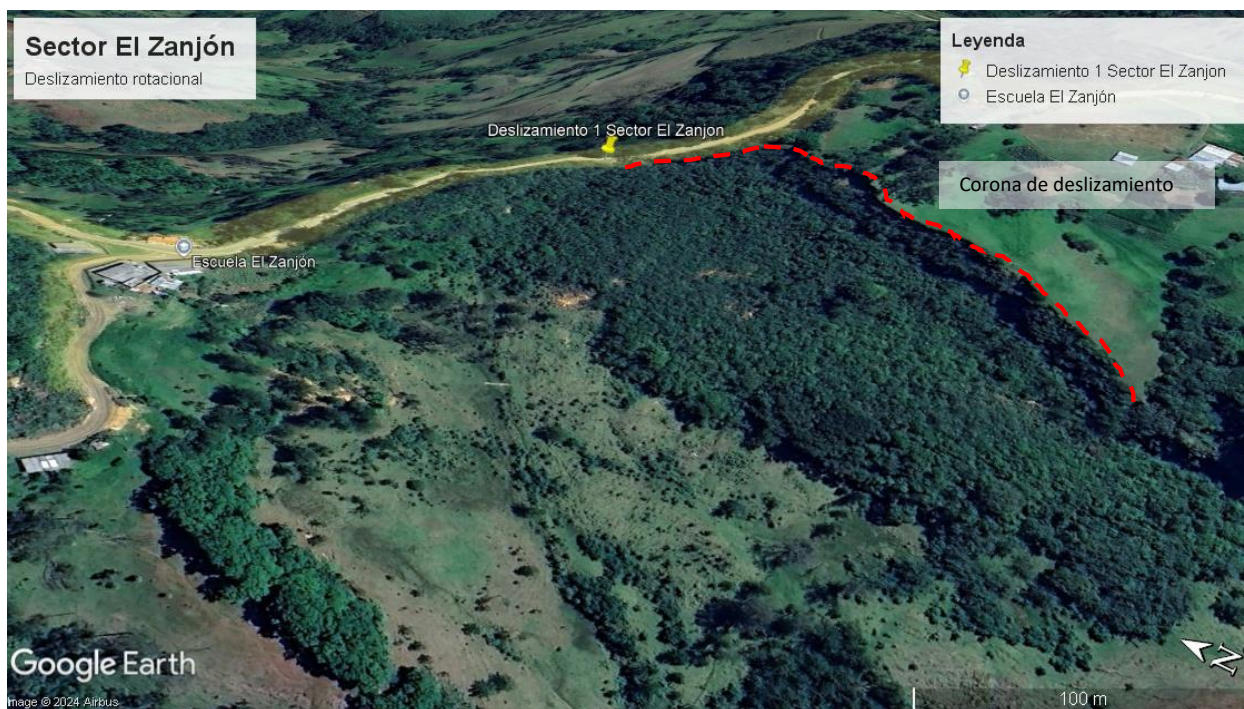


Figura 14 Movimiento en masa en el sector El Zanjón municipio de El Tambo (Coordenadas de referencia: $1^{\circ}20'20.77''$ N, $77^{\circ}23'27.48''$ W)



Figura 15 Obras de mitigación en la vía como muros en gaviones y adoquín.

4.2.3.1.2 SECTOR 2

El SECTOR 2 inicia al sur en la vereda El Zanjón del municipio de El Tambo, coordenadas de referencia: 1° 20' 30,751" N, 77° 23' 36,763" W y termina en la vereda Llano Largo del municipio de El Tambo, coordenadas de referencia: 1° 23' 40,702" N, 77° 22' 19,497" W. En esta zona se identificaron un total de 14 movimientos en masa en la vía Nariño – El Tambo.

Tabla 9 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2

DESGLIZAMIENTOS IDENTIFICADOS EN LA VIA NARIÑO-TAMBO, SECTOR 2.						
PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LATITUD N	LONGITUD W	X	Y	
2	Deslizamiento	1° 20' 38.738" N	77° 23' 37.405" W	4510935	1706994	2530
3	Deslizamiento	1° 20' 58.000" N	77° 23' 31.000" W	4511135	1707586	2560
4	Deslizamiento	1° 21' 5.400" N	77° 23' 18.000" W	4511538	1707813	2490
5	Deslizamiento	1° 21' 11.500" N	77° 23' 17.300" W	4511560	1708001	2490
6	Deslizamiento	1° 21' 34.489" N	77° 23' 0.747" W	4512074	1708708	2570
7	Deslizamiento	1° 21' 39.540" N	77° 22' 46.290" W	4512522	1708862	2540
8	Deslizamiento	1° 21' 42.800" N	77° 22' 42.100" W	4512652	1708962	2480
9	Deslizamiento	1° 21' 57.200" N	77° 22' 56.400" W	4512210	1709406	2470
10	Deslizamiento	1° 22' 5.900" N	77° 22' 50.200" W	4512403	1709674	2510
11	Deslizamiento	1° 22' 10.100" N	77° 22' 46.400" W	4512521	1709803	2490
12	Deslizamiento	1° 22' 18.600" N	77° 22' 42.700" W	4512636	1710064	2520
13	Deslizamiento	1° 22' 34.700" N	77° 22' 39.000" W	4512751	1710560	2510
14	Deslizamiento	1° 22' 51.800" N	77° 22' 32.300" W	4512960	1711086	2470
15	Deslizamiento	1° 23' 29.200" N	77° 22' 18.100" W	4513402	1712236	2380

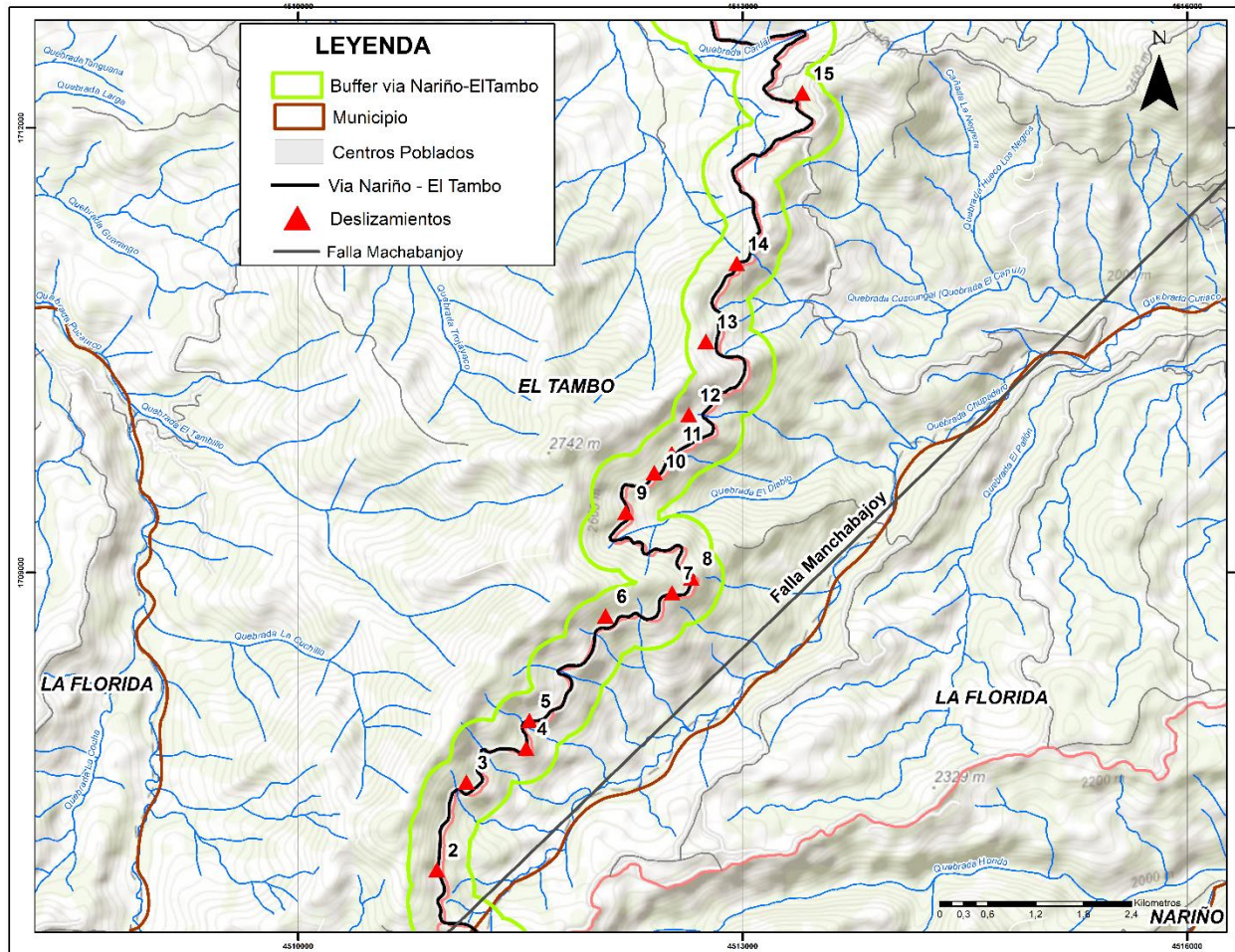


Figura 16 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2

- Unidades Geológicas Superficiales que afloran en el SECTOR 2

De acuerdo a los POMCA's de los ríos Guátara y Juanambú y la plancha geológica 410 La Unión, en el SECTOR 2 afloran rocas del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv): unidad geológica de origen ígneo volcánico intermedia, que comprende principalmente a lavas básicas, piroclastos, intercalaciones sedimentarias y algunas lavas picríticas que podrían corresponder a basaltos komatiíticos. Se presenta en diversas formas geológicas, tales como flujos masivos, diques, silos, y lavas almohadilladas.

En términos litológicos, incluye diabasas, basaltos, y lavas picríticas, con una textura predominantemente fragmentada en bloques moderadamente desajustados y caras angulares bien entrelazadas, formando superficies de contacto rugosas. En cuanto a sus características geomecánicas, la roca presenta una resistencia moderada a fuerte, siendo mediana a altamente

meteorizada ($GSI \approx 40-64$), lo que genera suelos residuales con valores de resistencia que varían entre 0.75 kg/cm^2 y 2.5 kg/cm^2 en penetrómetros, y entre 0.5 kg/cm^2 a 1.5 kg/cm^2 con el ensayo de veleta.

La meteorización superficial genera un suelo residual compuesto de arena limoarcillosa de humedad baja y consistencia media, con un ángulo de fricción cercano a 29° y cohesión de alrededor de 7 kPa .

Esta unidad geológica es relevante en contextos de ambiente denudacional, mostrando una considerable fracturación y un grado de meteorización superficial moderada, lo que afecta tanto sus propiedades mecánicas como su comportamiento en la construcción y estabilidad de estructuras geotécnicas.

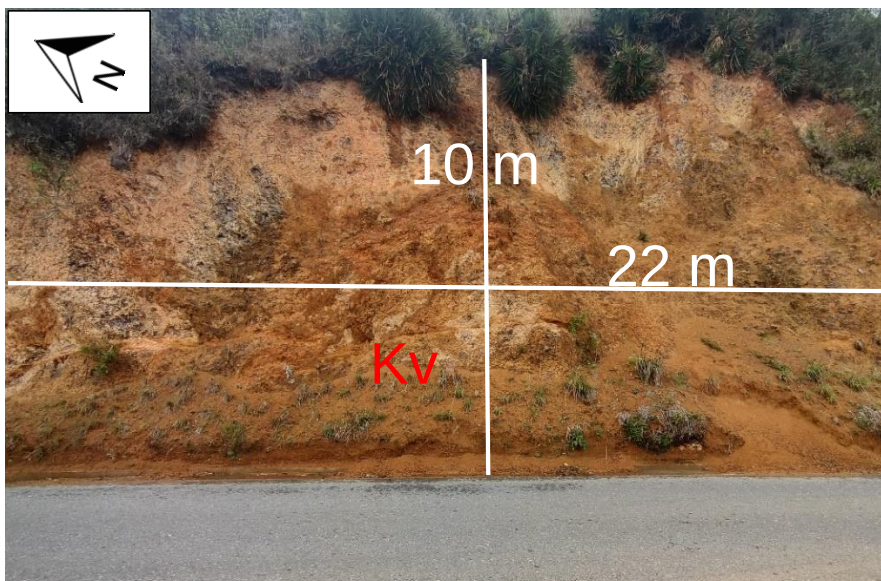


Figura 17 Fotografía tomada en la vía Nariño – El Tambo (Coordenadas: $1^\circ 22' 50.2'' \text{N}$ $77^\circ 22' 32.5'' \text{W}$), se identifica suelos residuales del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv)

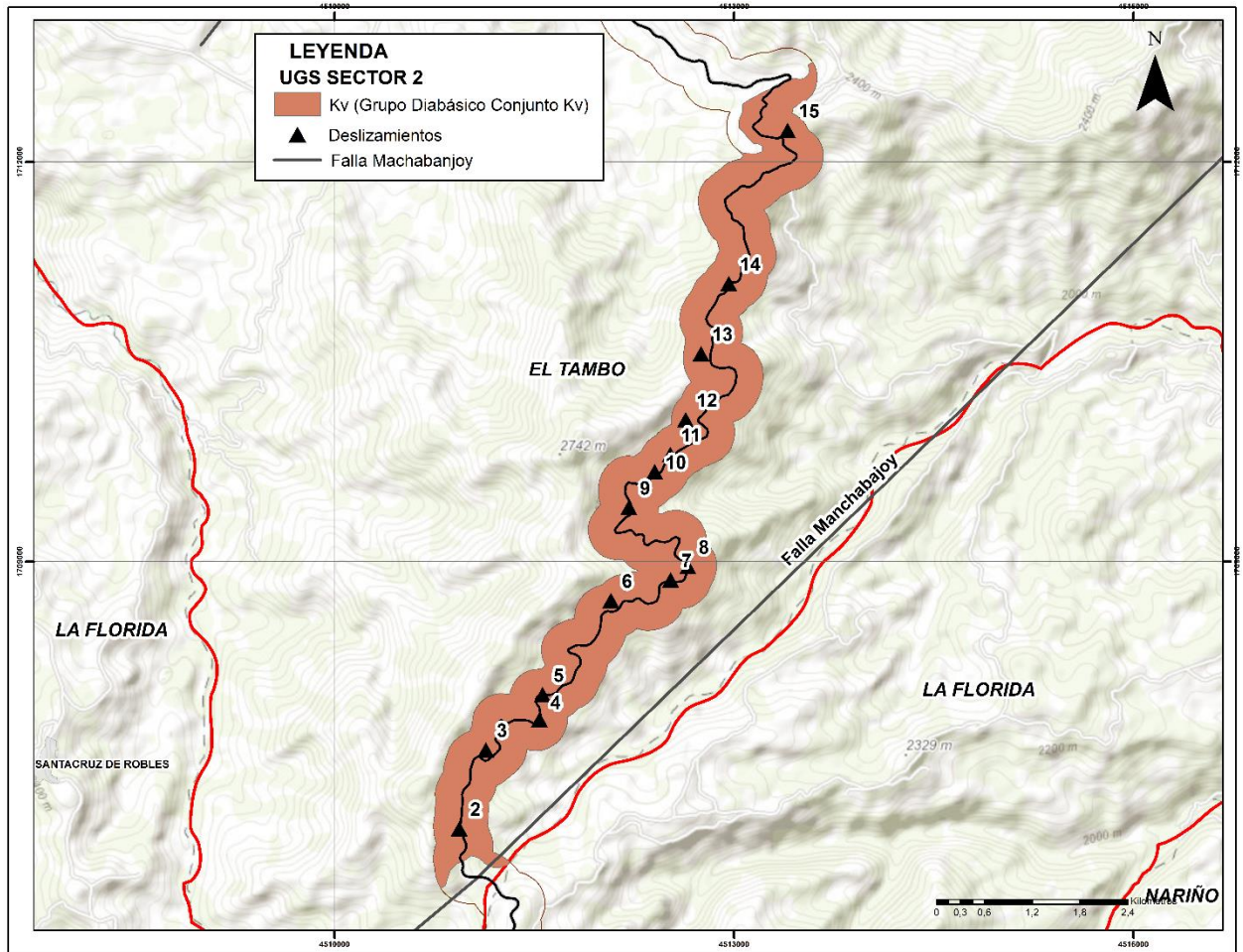


Figura 18 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 2

- **Geomorfología identificada en el SECTOR 2**

De acuerdo a los POMCA's de los ríos Guáitara y Juanambú, en el SECTOR 2 se identifica la siguiente geoforma:

Sierra Residual (Dsr): Prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, asociada con suelos residuales con espesores mayores a 3 metros. Esta subunidad está ampliamente distribuida en la subzona hidrográfica, donde su origen es relacionado a procesos de meteorización intensa en variados sustratos que abarcan depósitos asociados a actividad volcánica como lo son lavas y cenizas, lluvias de ceniza, avalanchas ardientes y de escombros.



Figura 19 Fotografía tomada en la vía Nariño – El Tambo (Coordenadas: 1°22'56.0"N 77°22'27.5"W), se identifica la geoforma Sierra residual (Dsr).

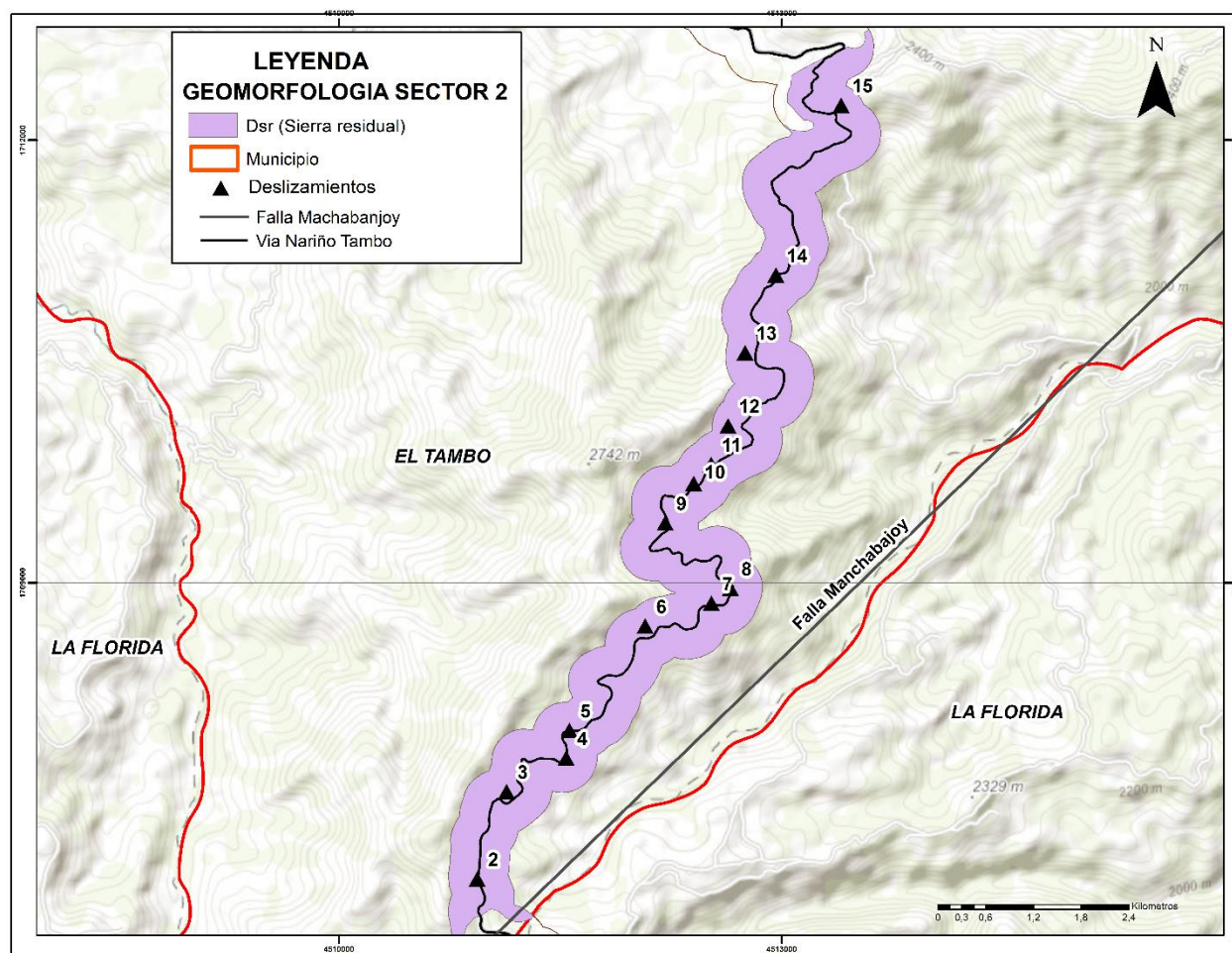


Figura 20 Mapa geomorfología SECTOR 2

- Pendientes identificadas en el SECTOR 2

En el sector 2 se encuentran pendientes entre los 15° y >30° distribuidos en un área aproximada que abarca 293 has correspondientes al 84% de la superficie total de este sector, los deslizamientos identificados en campo se ubican en pendientes que oscilan entre los 15° y mayores a 30° ubicados en el municipio de El Tambo, vereda Capulí Grande, Llano Largo, Zanjón.

Tabla 10 Pendientes identificadas en el SECTOR 2

SIMBOLO	DESCRIPCION	PENDIENTE_GRADOS	Area_Has	Porcentaje
a	Plano a moderadamente inclinado	0-15°	55.544	16
b	Inclinada a fuertemente inclinada	15-30°	105.676	30,3
c	Escarpado	>30°	186.997	53,7
TOTAL			348.217	100

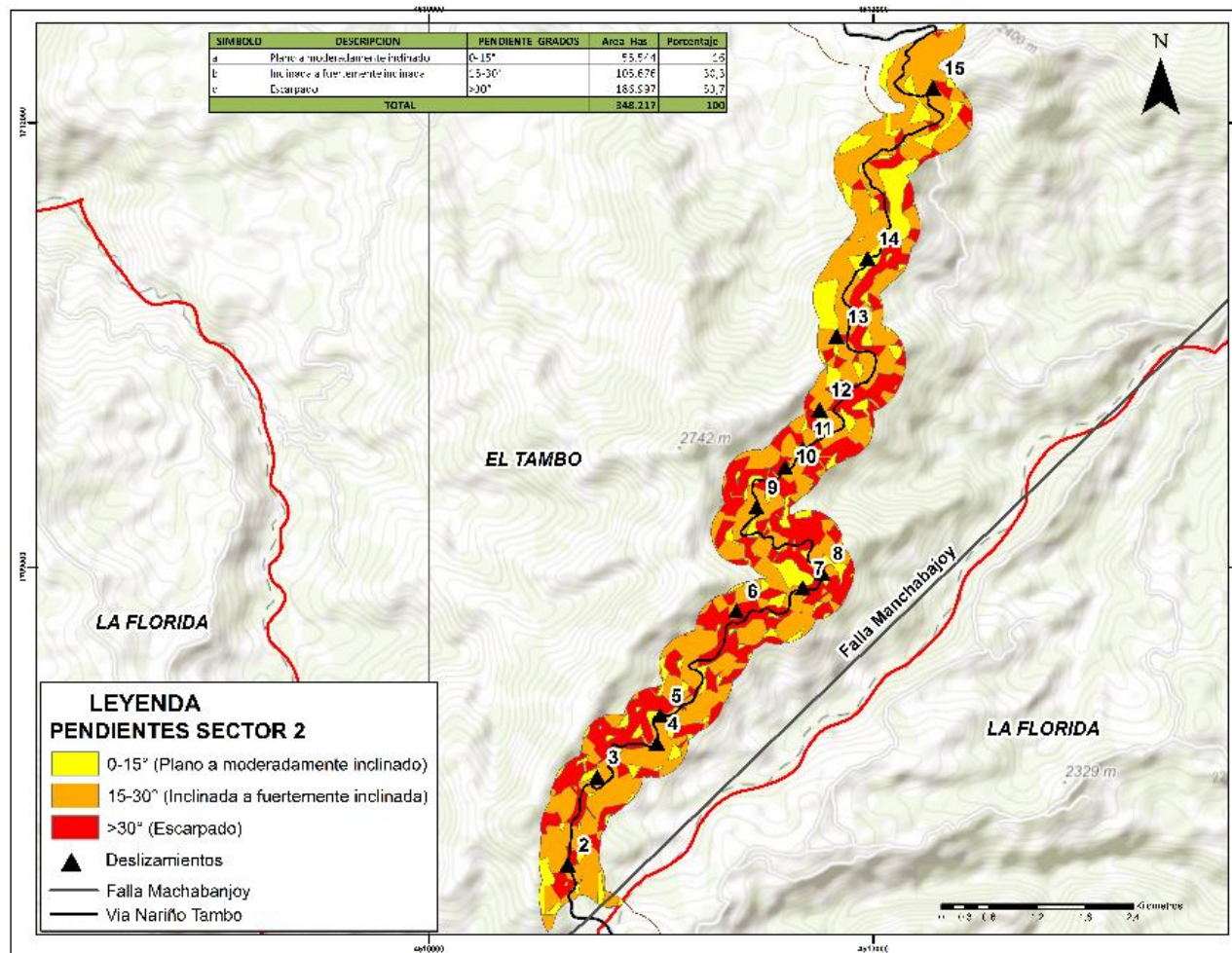


Figura 21 Mapa de pendientes SECTOR 2

- Coberturas de la tierra identificadas en el SECTOR 2

En el sector 2, la cobertura dominante es mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y pastos enmalezados que abarca un área aproximada de 242,489 has, equivalente en suma al 69,6 %. (Imagen 22).

Tabla 11 Ocupación de cobertura de la tierra. Sector 2

USO Y COBERTURA DEL SUELO SECTOR 2	Area Has	Porcentaje
Arbustal abierto	7.386	2,1
Bosque de galería y/o ripario	6.622	1,9
Bosque fragmentado	46.248	13,3
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	11.826	3,4
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	191.876	55,1
Pastos arbolados	0,181	0,1
Pastos enmalezados	50.613	14,5
Pastos limpios	11.086	3,2
Red vial y territorios asociados	22.374	6,4
TOTAL	348.031	100



Figura 22 Cobertura mosaico de cultivos pastos y espacios naturales -Sector 2

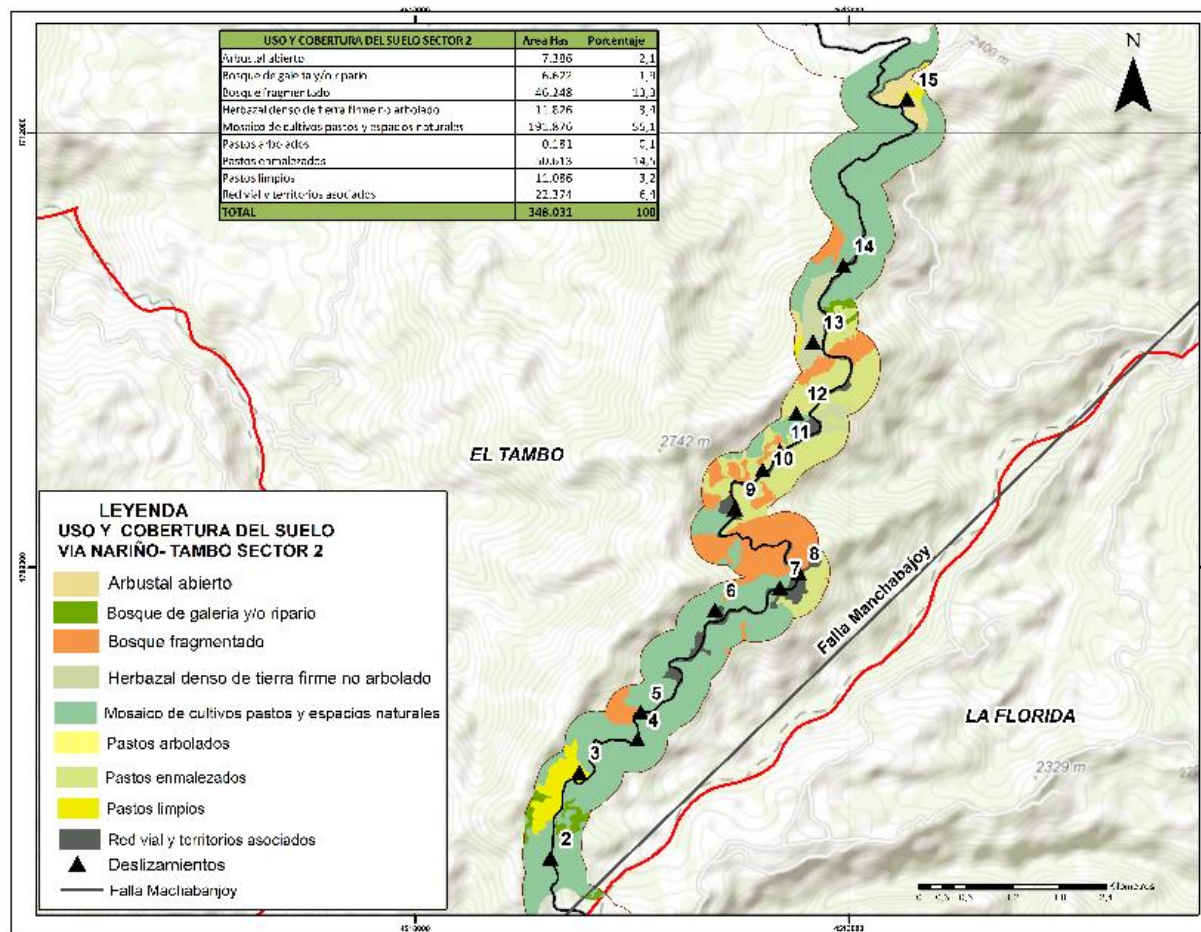


Figura 23 Mapa uso y cobertura del suelo del SECTOR 2

- Uso del suelo en el SECTOR 2

En el municipio de El Tambo se llevan a cabo actividades de extracción de materiales para la construcción en cercanías a la vía Nariño – El Tambo. El material que se identifica en esta zona corresponde a rocas del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv) la meteorización superficial genera un suelo residual compuesto de arena limoarcillosa de humedad baja y consistencia media. Geomorfológicamente se identifica una Sierra residual (Dsr) de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas.



Figura 24 Minería de materiales de construcción municipio de El Tambo (Coordenadas: 1°22'18,2"N 77°22'41,2"W)

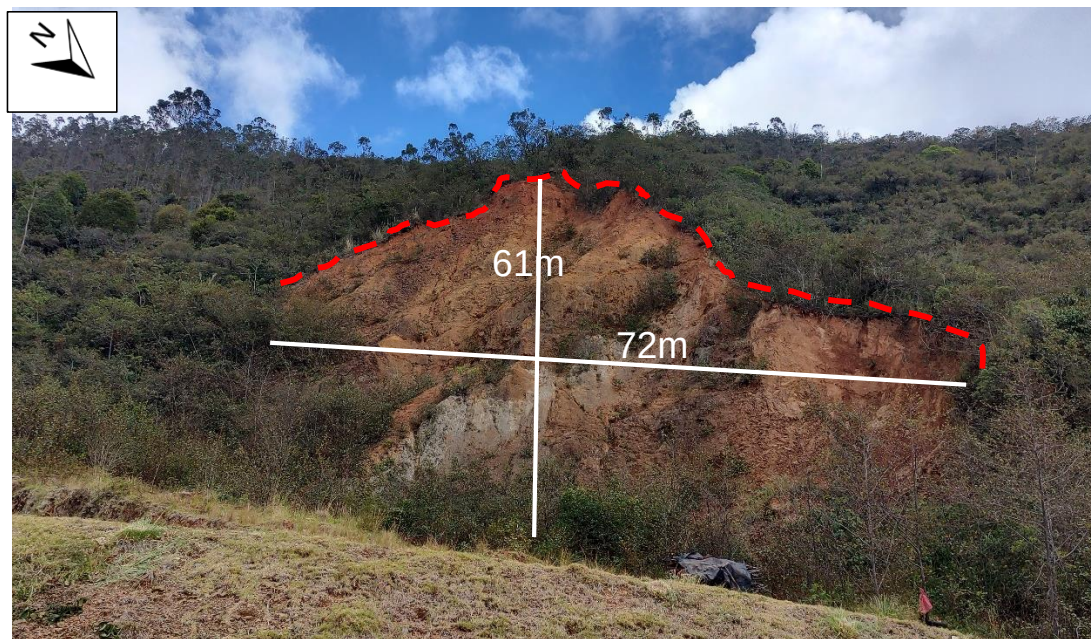


Figura 25 Minería de materiales de construcción municipio de El Tambo (Coordenadas: 1°21'34,49"N, 77°23'0,75"W)

Descripción de principales deslizamientos identificados en el SECTOR 2

Deslizamientos rotacionales, el material que los conforma corresponde a rocas del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv) la meteorización superficial genera un suelo residual compuesto de arena limoarcillosa de humedad baja y consistencia media. Geomorfológicamente se ubican en una Sierra residual (Dsr) de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas.

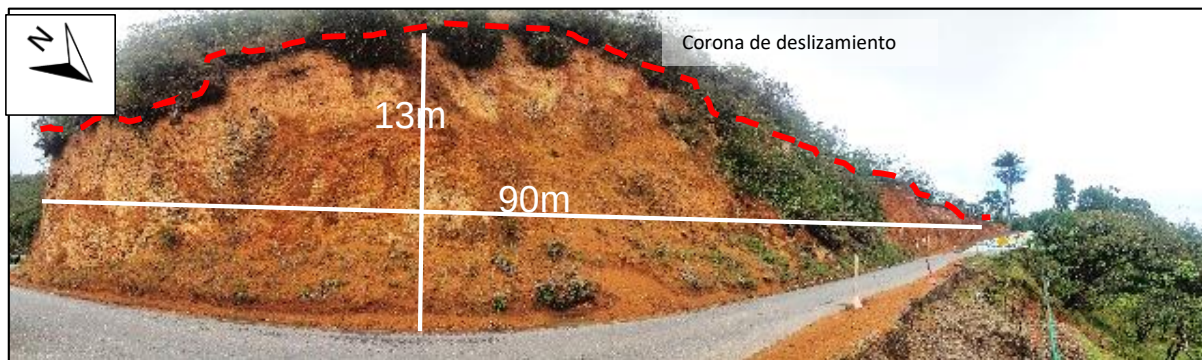


Figura 26 Deslizamiento rotacional 14: Coordenadas: $1^{\circ} 22' 51,800''$ N $77^{\circ} 22' 32,300''$ W. Medidas aproximadas de 13m de altura y 90m de longitud.

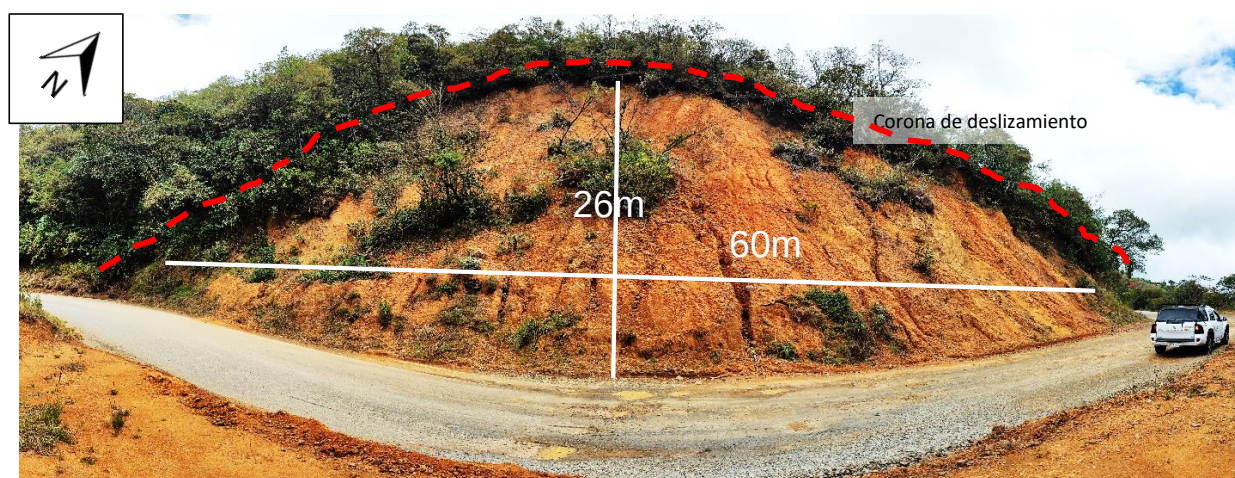


Figura 27 Deslizamiento rotacional 10: Coordenadas: $1^{\circ} 22' 5,900''$ N $77^{\circ} 22' 50,200''$ W. Medidas aproximadas de 26m de altura y 60m de longitud.

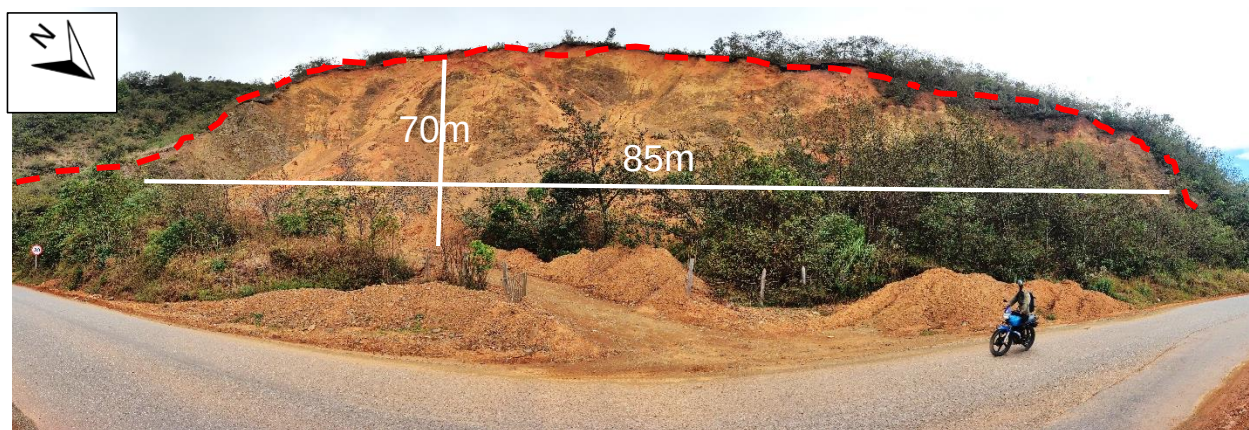


Figura 28 Deslizamiento rotacional 13: Coordenadas: $1^{\circ} 22' 34,700''$ N $77^{\circ} 22' 39,000''$ W. Medidas aproximadas de 70m de altura y 85m de longitud.

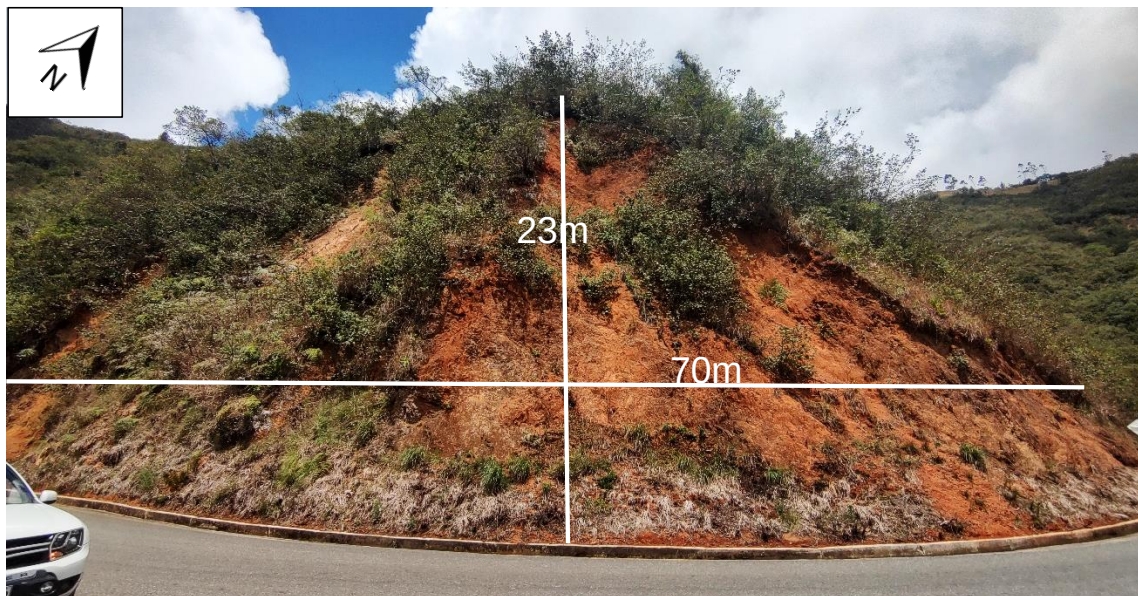


Figura 29 Deslizamiento rotacional 9: Coordenadas $1^{\circ} 21' 57,200''$ N, $77^{\circ} 22' 56,400''$ W. Medidas aproximadas de 23 m de altura y 70 m de longitud.

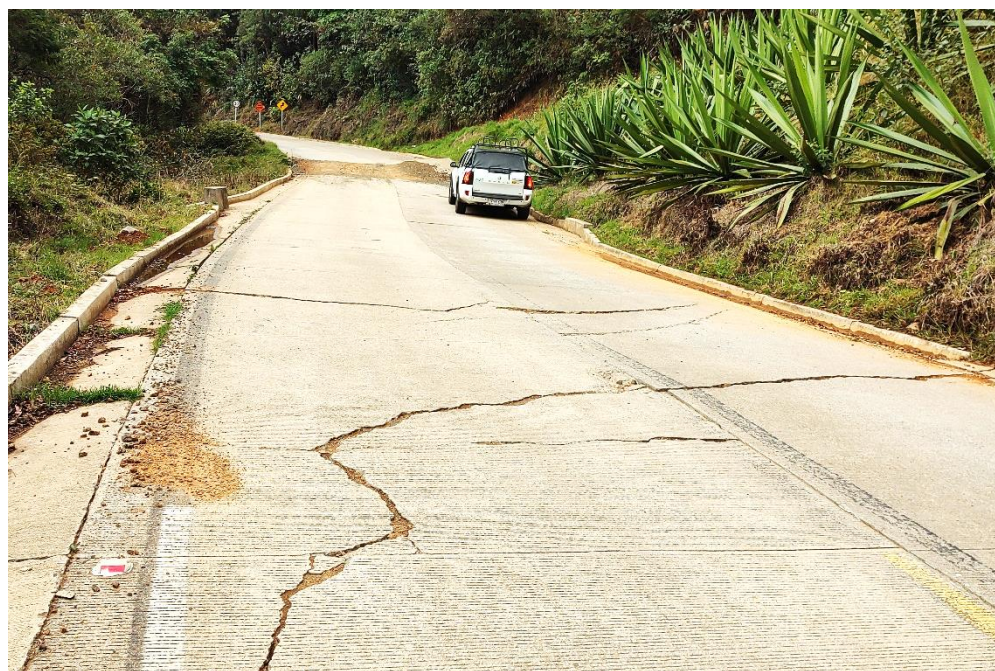


Figura 30 Se identifican afectaciones en la vía Nariño – El Tambo, como levantamiento del pavimento y fracturas (Coordenadas: $1^{\circ} 21' 05.0''$ N $77^{\circ} 23' 21.8''$ W).

4.2.3.1.3 SECTOR 3

El SECTOR 3 inicial al sur en la vereda Llano Largo del municipio de El Tambo y termina en la cabecera municipal de El Tambo, coordenadas de referencia: 1° 24' 9,523" N, 77° 23' 5,978" W. En esta zona no se identificaron movimientos en masa en la vía Nariño – El Tambo.

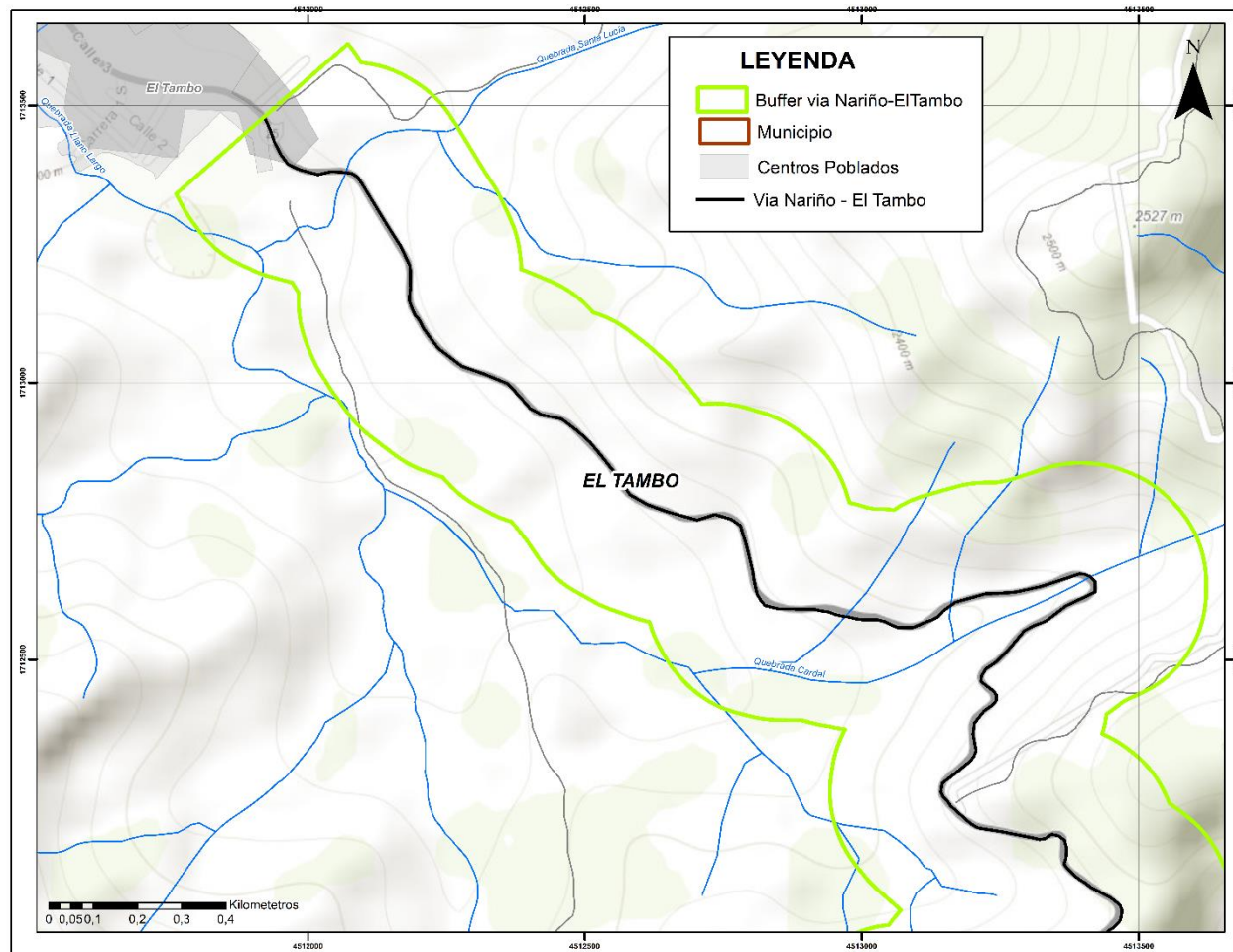


Figura 31 SECTOR 3

- Unidades Geológicas Superficiales identificadas en el SECTOR 3

De acuerdo a los POMCA's de los ríos Guáitara y Juanambú y la plancha geológica 410 La Unión, en el SECTOR 2 afloran rocas del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv): unidad geológica de origen ígneo volcánico intermedia, que comprende principalmente a lavas básicas, piroclastos, intercalaciones sedimentarias y algunas lavas picríticas que podrían corresponder a basaltos komatiíticos. Se presenta en diversas formas geológicas, tales como flujos masivos, diques, silos, y lavas almohadilladas.

En términos litológicos, incluye diabasas, basaltos, y lavas picríticas, con una textura predominantemente fragmentada en bloques moderadamente desajustados y caras angulares bien entrelazadas, formando superficies de contacto rugosas. En cuanto a sus características geomecánicas, la roca presenta una resistencia moderada a fuerte, siendo medianamente a altamente meteorizada ($GSI \approx 40-64$), lo que genera suelos residuales con valores de resistencia que varían entre 0.75 kg/cm^2 y 2.5 kg/cm^2 en penetrómetros, y entre 0.5 kg/cm^2 a 1.5 kg/cm^2 con el ensayo de veleta.

La meteorización superficial genera un suelo residual compuesto de arena limoarcillosa de humedad baja y consistencia media, con un ángulo de fricción cercano a 29° y cohesión de alrededor de 7 kPa .

Esta unidad geológica es relevante en contextos de ambiente denudacional, mostrando una considerable fracturación y un grado de meteorización superficial moderada, lo que afecta tanto sus propiedades mecánicas como su comportamiento en la construcción y estabilidad de estructuras geotécnicas.

De igual manera, en el SECTOR 3 se identifican Depósitos Aluviales (Qal) que corresponden a depósitos cuaternarios con mayor extensión; se caracterizan por ser un área plana, muy húmeda por los drenajes. Estos suelos transportados aluviales están compuestos por material areno-gravoso de color variable, principalmente marrón amarillento moderado, compuesto por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeadas a sub-angulares, son depósitos no consolidados. Presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular; sin embargo, presentan características geomecánicas favorables asociado al ángulo de fricción de las partículas. Los ensayos ejecutados con penetrómetro indican resistencias con valores entre 1.5 kg/cm^2 y 4 kg/cm^2 en la matriz del depósito.

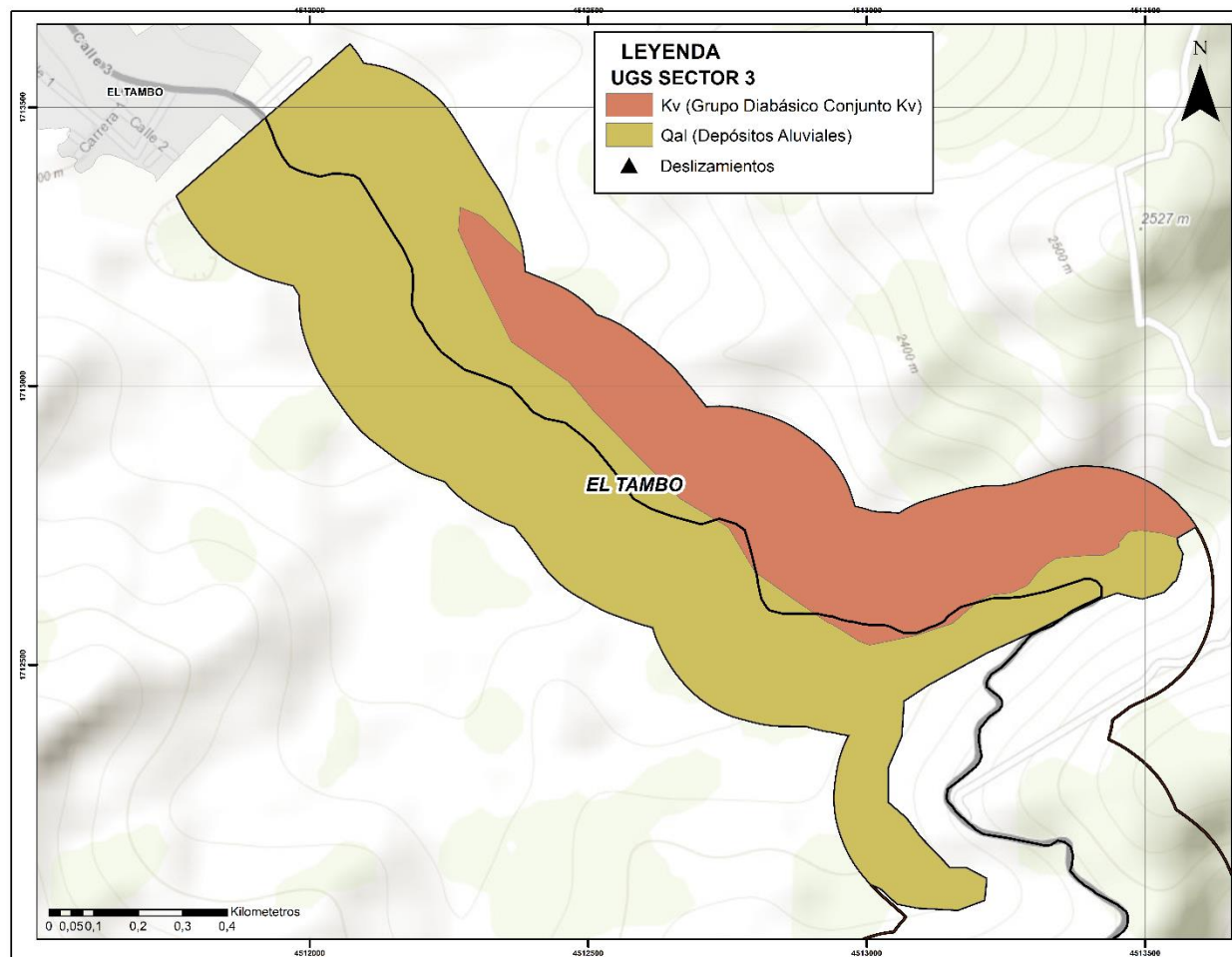


Figura 32 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 3

- **Geomorfología identificada en el SECTOR 3**

De acuerdo a los POMCA's de los ríos Guátara y Juanambú, en el SECTOR 3 se identifican las siguientes geoformas:

Sierra Residual (Dsr): Prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, asociada con suelos residuales con espesores mayores a 3 metros. Esta subunidad está ampliamente distribuida en la subzona hidrográfica, donde su origen es relacionado a procesos de meteorización intensa en variados sustratos que abarcan depósitos asociados a actividad volcánica como lo son lavas y cenizas, lluvias de ceniza, avalanchas ardientes y de escombros.

Plano o llanura de inundación (Fpi): En campo se muestra como una superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es eventualmente

limitado por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” o “V”, al igual que a los conos coluviales menores de los flancos de los valles intramontanos. En regiones montañosas, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal, en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas. Su depósito está constituido por sedimentos finos, originados durante eventos de inundación fluvial.

Sierra desnuda (Dsd): Prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados. Su origen es relacionado a procesos de erosión acentuada en sustratos rocosos ígneos y metamórficos.

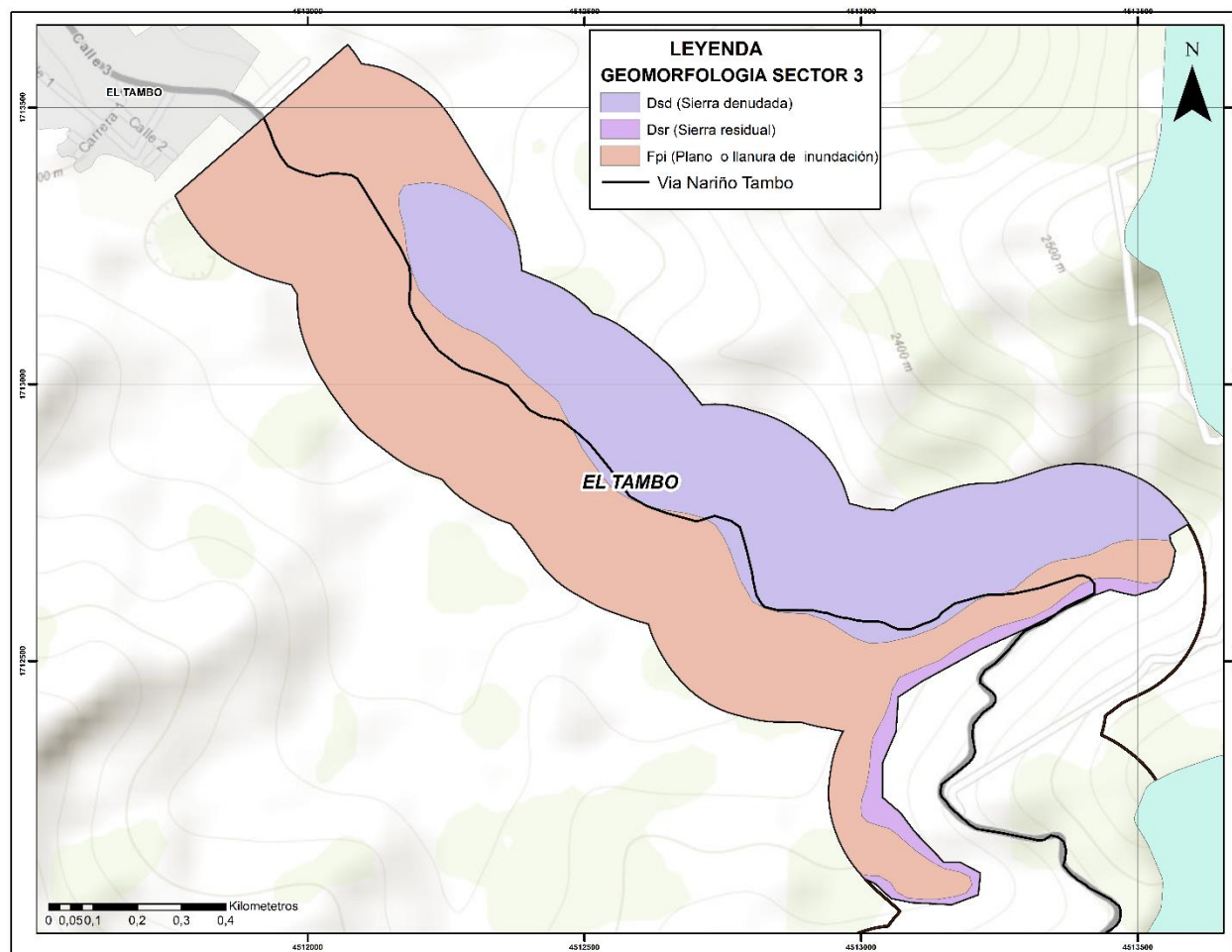


Figura 33 Mapa de Geomorfología SECTOR 3

- **Pendientes identificadas en el SECTOR 3**

En el sector 3 predominan las pendientes que se encuentran entre los 0° y 30° que corresponden a planas y fuertemente inclinadas y que representan una superficie aproximada de 80 has que corresponde al 98,4% del área total del sector 3, en este sector no se encontraron deslizamientos.

Tabla 12 Pendientes identificadas en el SECTOR 3

SIMBOLO	DESCRIPCION	PENDIENTE_GRADOS	Area_Has	Porcentaje
a	Plano a moderadamente inclinado	0-15°	64.526	79,3
b	Inclinada a fuertemente inclinada	15-30°	15.569	19,1
c	Escarpado	>30°	1.225	1,5
TOTAL			81.320	100

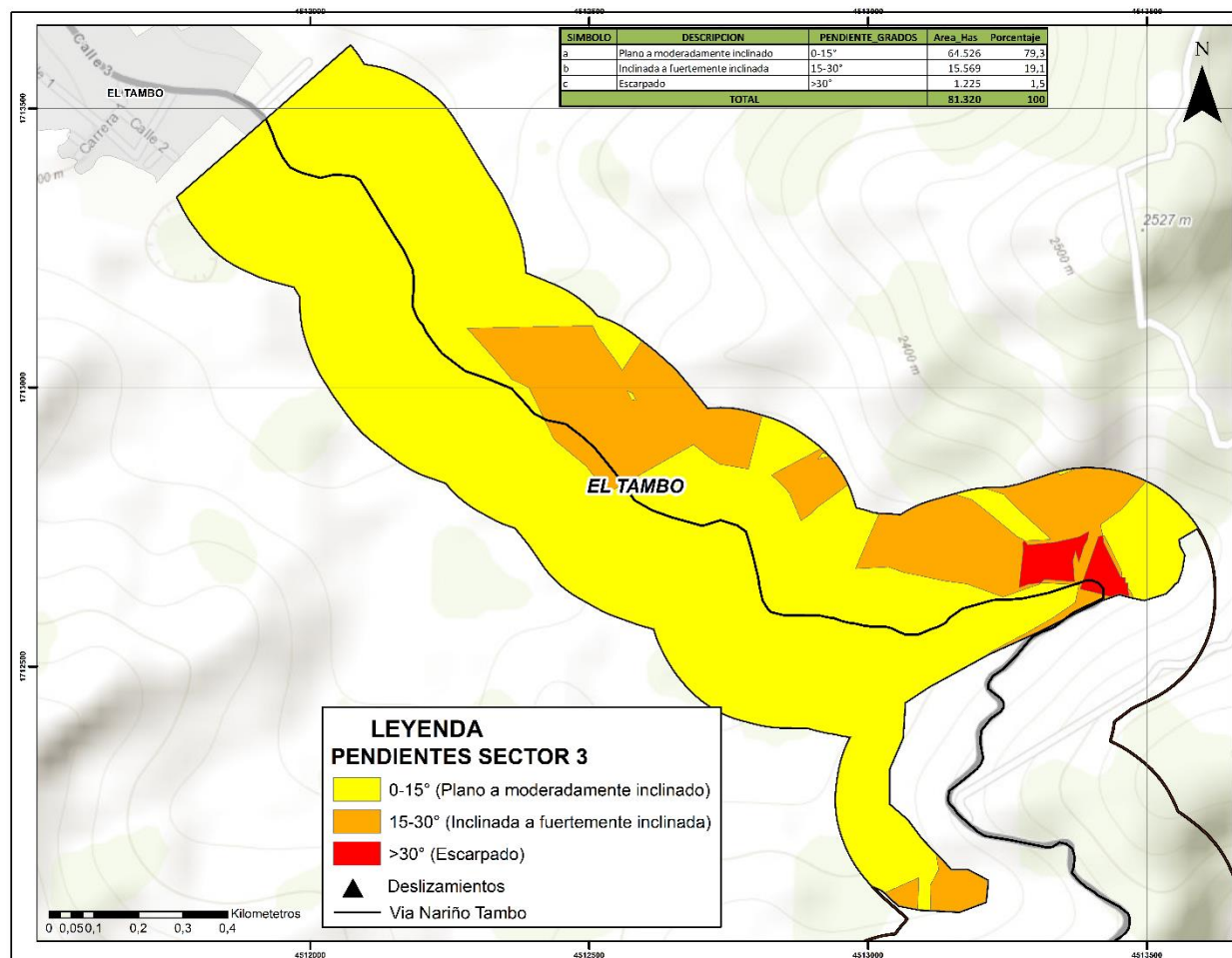


Figura 34 Mapa de pendientes SECTOR 3

- Coberturas de la tierra identificadas en el SECTOR 3

En el sector 3, la cobertura que tiene mayor prelación es mosaico de cultivos pastos y espacios naturales y mosaico de pastos y cultivos que abarca un área aproximada de 76,07 has, que representa el 93,6%. (Figura 33).

Tabla 13 Ocupación de cobertura de la tierra. Sector 3

USO Y COBERTURA DEL SUELO SECTOR 3	Area Has	Porcentaje
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	72,830	89,6
Mosaico de pastos y cultivos	3,240	4
Red vial y territorios asociados	3,126	3,8
Tejido urbano continuo	2,124	2,6
TOTAL	81,321	100



Figura 35 Cobertura mosaico de cultivos pastos y espacios naturales -Sector 3A

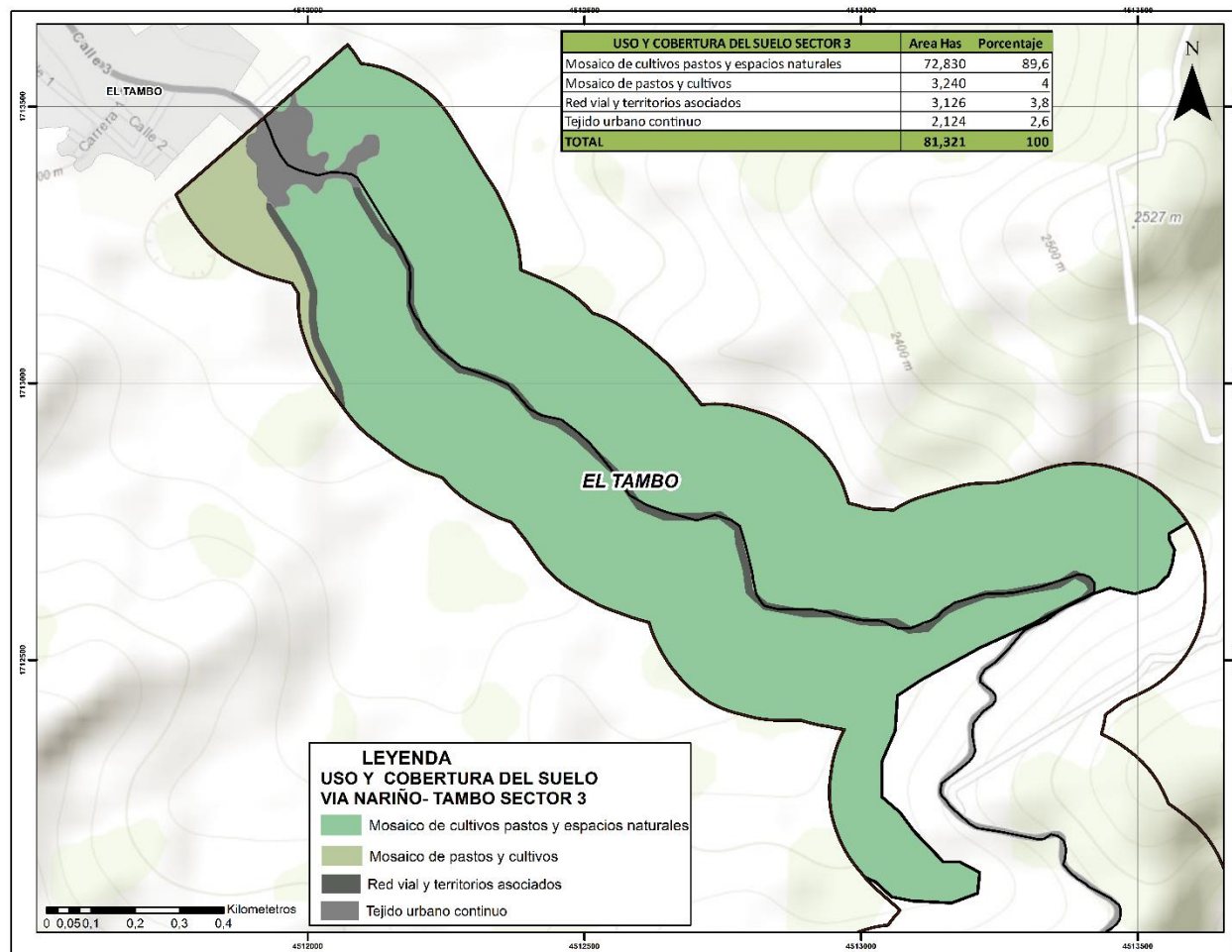


Figura 36 Mapa uso y cobertura del suelo SECTOR 3

4.2.4 Clima – Precipitaciones

“En sentido estricto, se entiende por clima las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y período de tiempo determinados. El clima puede explicarse mediante descripciones estadísticas de las tendencias y la variabilidad principales de elementos pertinentes” (OMM, Guía de Prácticas Climatológicas, 2011).

Para la caracterización del clima en el área de estudio, tendremos en cuenta solo el elemento precipitación, dado que es un parámetro frecuente y significativo en la detonación de procesos de remoción en masa. No obstante, los resultados de precipitación no fueron combinados con el mapa final de susceptibilidad dado que implicaría analizar frecuencias o probabilidades de la lluvia lo cual no es objeto del inventario de deslizamientos que se ha propuesto este estudio.

Teniendo en cuenta que la mayor parte del área que involucra este estudio se encuentra en la cuenca del río Juanambú, para la caracterización de la precipitación se toma la información de la estación pluviométrica de Nariño, ubicada en el municipio del mismo nombre y que hace parte de la subcuenca del río Pasto, cuenca Juanambú. Por otra parte, también se toma la información de la estación Meteorológica del Aeropuerto Antonio Nariño, localizada en el municipio de Chachagui, con menor superficie del área de estudio, y ubicada sobre la subcuenca del río Pasto. Así mismo, se tomó la información de la estación pluviométrica El Peñol, localizada en el municipio del mismo nombre con menor superficie del área de estudio en la zona norte y ubicada en la cuenca del río Guáitara (Tabla 14).

Las estaciones consideradas tienen una superficie de influencia de acuerdo a los polígonos de Thiessen que cubre toda el área de estudio, como se puede observar en la Figura 37. El método de los polígonos de Thiessen consiste en extrapolar la precipitación registrada en un punto muestral al conjunto de puntos de la cuenca que tengan a ese punto muestral como el más cercano (Tabios III y Salas, 1985). Los polígonos de Thiessen definen la geometría de las zonas de aferencia a las estaciones pluviométricas de la cuenca.

Tabla 14 Localización Estación pluviométrica Nariño, Aeropuerto y El Peñol. (Fuente: IDEAM)

Estación Código	Cuenca	Corriente	Coordenadas Geográficas		Altitud	Escala de Trabajo
			Latitud	Longitud		
Nariño 52040070	Juanambú	Pasto	1.2828	-77.3550	2590	Mensual
Aeropuerto A Nariño 52045020	Juanambú	Pasto	1.3941	-77.2909	1796	Mensual
El Peñol 52050010	Guáitara	Pasto	1.4544	-77.4394	1588	Mensual

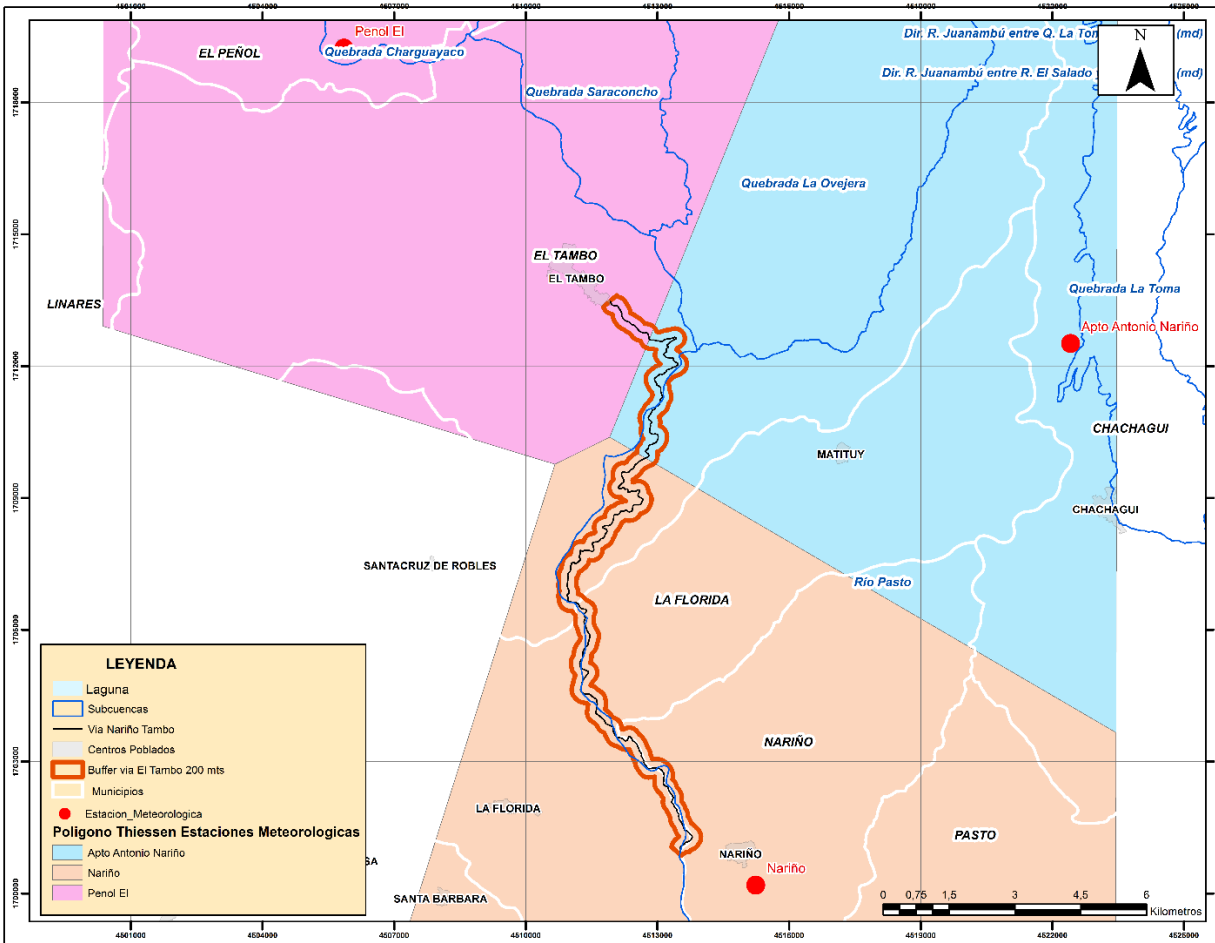


Figura 37 Ubicación del trayecto de vía objeto de estudio, sobre los polígonos de Thiessen.

Caracterización de la Precipitación.

Monsalve, Hidrología en la Ingeniería, (1995) afirma que “*precipitación es, en general, el término que se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera y depositadas en la superficie terrestre, tales como la lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada*” y se mide en altura de precipitación por unidad de área y esta corresponde a la altura de agua que cubriría un suelo totalmente impermeable.

La caracterización de la precipitación a nivel regional, se realiza teniendo en cuenta la información histórica a escala mensual de los registros de las 3 estaciones dentro del área de estudio en un periodo de 34 años comprendido entre enero de 1990 a diciembre de 2023 para las estaciones Nariño, Aeropuerto y El Peñol (Ver Tabla 14).

Los datos pluviométricos considerados son de acuerdo a los registros del Ideam, es de anotar que para la ventana de tiempo trabajada para la estación Nariño, existen vacíos en algunos meses desde el año 2017 a 2022, por lo que se realizó por el método de interpolación un cálculo y ajuste de datos faltantes de

precipitación, en el cual se deduce un valor entre dos o más valores, solventándose los vacíos de información anotados.

Tabla 15 Precipitación media mensual multianual (mm). Estación Nariño, Estación Aeropuerto y Estación El Peñol. Periodo 1990 – 2023. (Fuente, este estudio)

Mes	Nariño Precipitación mm/mes	Aeropuerto Precipitación mm/mes	Peñol Precipitación mm/mes
Enero	212.6	107.6	97
Febrero	185.7	93.3	88,66
Marzo	227.6	138.6	116,54
Abril	187.1	158.8	136,85
Mayo	147.5	121.8	125,07
Junio	75.3	59.2	63,87
Julio	51.5	36.8	34,78
Agosto	30.0	21.7	20,6
Septiembre	61.6	53.0	54,81
Octubre	225.0	141.1	142,5
Noviembre	311.2	167.2	147,64
Diciembre	256.1	128.8	118,88
Promedio	164.3	102.3	95,6
Precipitación media anual	1971mm/año	1228 mm/año	1147,2mm/año

Análisis Temporal de precipitación media.

Variación Intra-Anual

Las estaciones de Nariño y Aeropuerto presentan una tendencia de régimen bimodal a nivel intranual, en el que se marcan dos picos de alta precipitación en los meses de marzo a mayo y con mayor magnitud de octubre a diciembre como se muestra en las Figuras N° 36 y 37. El máximo valor de precipitación que se presenta en la estación Nariño es en el mes de noviembre 311.2 mm/mes y el mínimo valor de lluvias es de 30 mm/mes en agosto, para la estación Aeropuerto de igual manera la mayor precipitación se presenta en el mes de noviembre con 167.2 mm/mes y en agosto la menor con 21.7 mm/mes que coincide con los periodos de mayor y menor lluvia; el valor medio mensual multianual de la estación Nariño es de 164.3mm/mes y el promedio para la estación Aeropuerto es de 102.3 mm/mes. De igual manera, se puede evidenciar en la estación El Peñol que entre los meses de marzo a mayo se presenta un ascenso en la cantidad de precipitación, siendo el más alto en el mes de abril con un valor máximo de 136,85 mm/mes y el mínimo con un valor de 20,6 mm/mes en el mes de agosto.

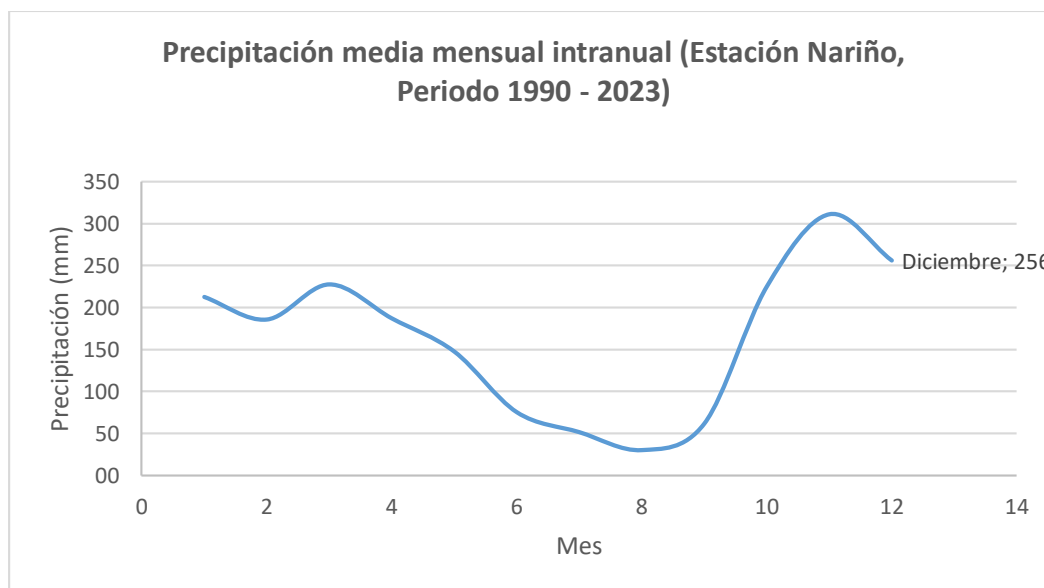


Figura 38 (Fuente, este estudio)

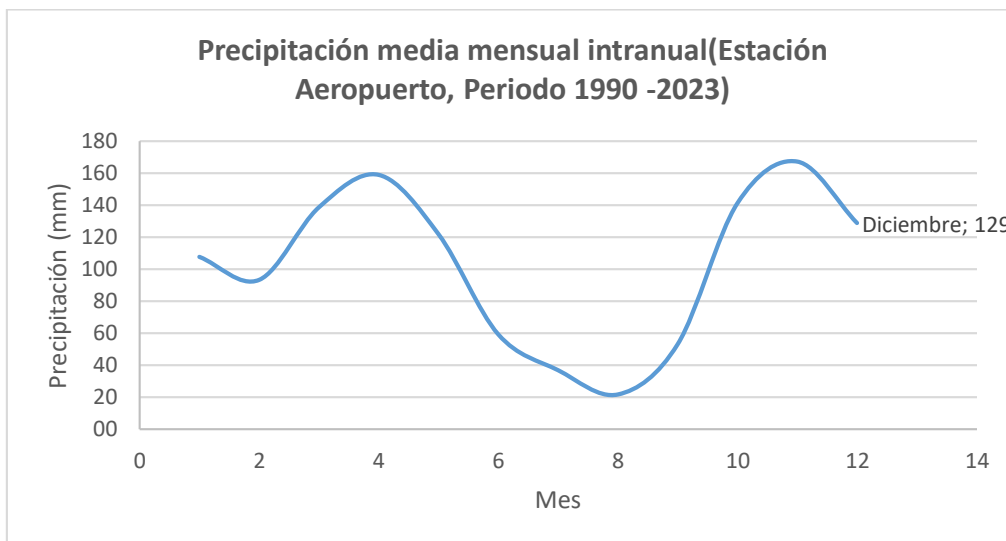


Figura 39 (Fuente, este estudio)



Figura 40 (Fuente, este estudio)

Variación Interanual

A continuación, se indican las figuras 41 y 42, que representan la variabilidad mensual multianual durante el periodo 2010 - 2023 de la red de monitoreo identificada.

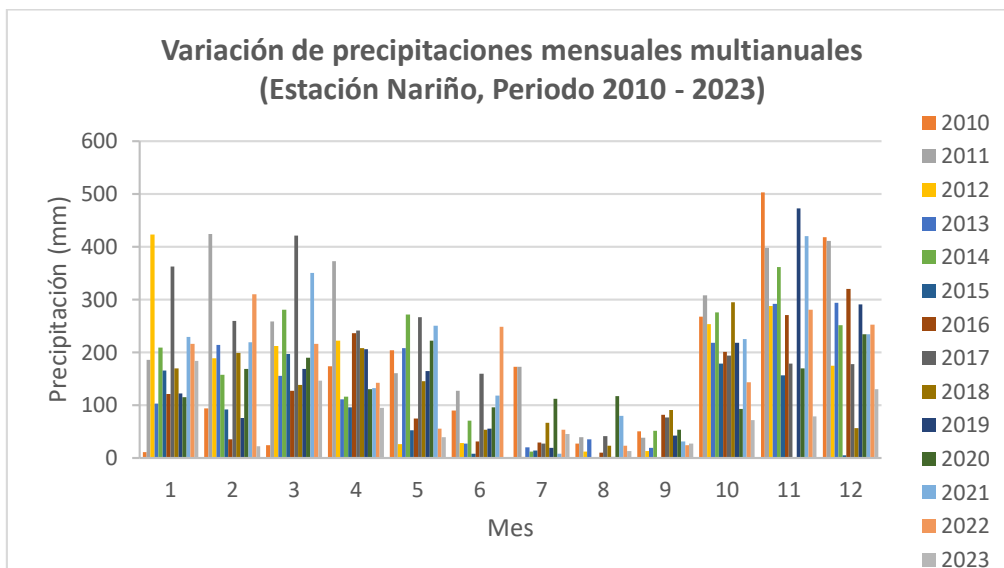


Figura 41 (Fuente, este estudio)

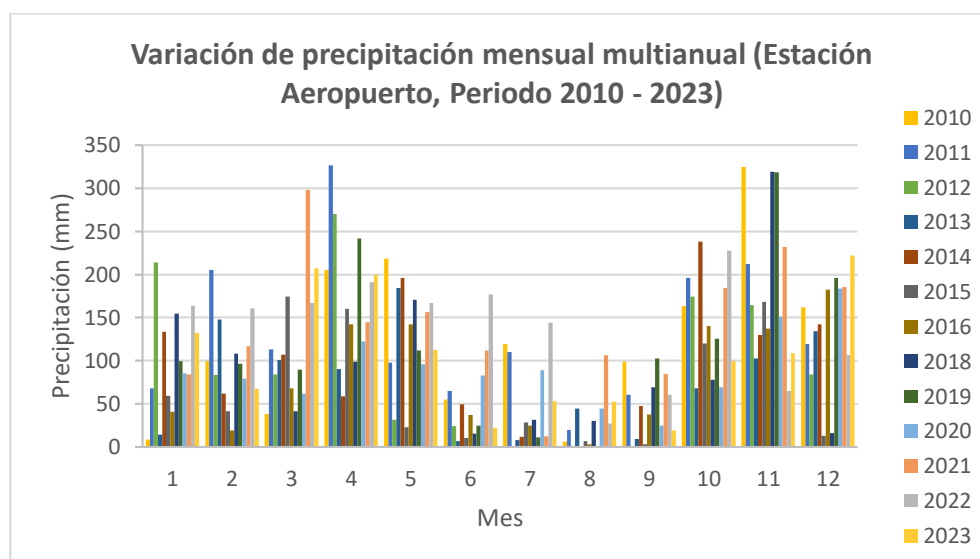


Figura 42 (Fuente, este estudio)

En las dos figuras, se puede observar que los años con mayores precipitaciones en los últimos 14 años han sido el 2010, 2011 y 2019, coincidentes con las olas invernales de esos años en todo el país en los meses de mayores lluvias; del mismo modo, se puede observar el carácter bimodal del régimen de lluvias para las dos estaciones en el área de estudio.

Variación Espacial

Desde el punto de vista espacial o territorial, como se puede observar en la figuras 37, 43 y tabla 15, la mayor parte de la vía en el área de estudio se localiza en el polígono vinculado con las lluvias registradas en la estación Nariño al sur del área, siendo afectada por precipitaciones más altas, cuyo promedio mensual multianual alcanza 164 mm/mes a diferencia del sector norte influenciado por lluvias más bajas registradas en la estación Aeropuerto con un promedio mensual multianual de 103 mm/mes.

En los gráficos de precipitaciones anteriores se puede observar que el pico más alto en la estación Nariño para el año 2010, en el mes de noviembre registra una precipitación de 502 mm /mes, en cambio la estación Aeropuerto para el mismo año y mismo mes registra 324 mm/mes. El valor medio anual de toda la serie (1990 – 2023) corresponde a 1971 mm/año para la estación Nariño y 1228 mm/año para la estación Aeropuerto.

Este análisis nos permite establecer una relación entre la cantidad de procesos de remoción en masa sobre la vía y las precipitaciones que se presentan en el área de estudio, el mayor número de deslizamientos se ubican en la zona sur influenciados por las lluvias registradas en la estación Nariño, en cambio hacia el norte se localiza menor cantidad de deslizamientos afectados por las lluvias registradas en la estación Aeropuerto, precipitaciones menores a las de la zona sur.

Una mayor cantidad de precipitación implica mayor humedad y saturación del suelo, que en concurrencia a los factores más habituales de susceptibilidad como las altas pendientes, la denudación por la deforestación y la geología de cada zona, determinan la presencia o incidencia de procesos de remoción en masa.

Lo anterior también se puede constatar observando la totalidad de deslizamientos sobrepuestos con el mapa de isoyetas, que se pueden identificar en la Figura 43.

De igual manera, podemos identificar que entre las isoyetas 1400 y 1600 ocurren la mayor cantidad de deslizamientos en los márgenes de la vía Nariño – El tambo; en cambio alrededor de la franja de la isoyeta 1300, está la menor cantidad de deslizamientos del área objeto de estudio.

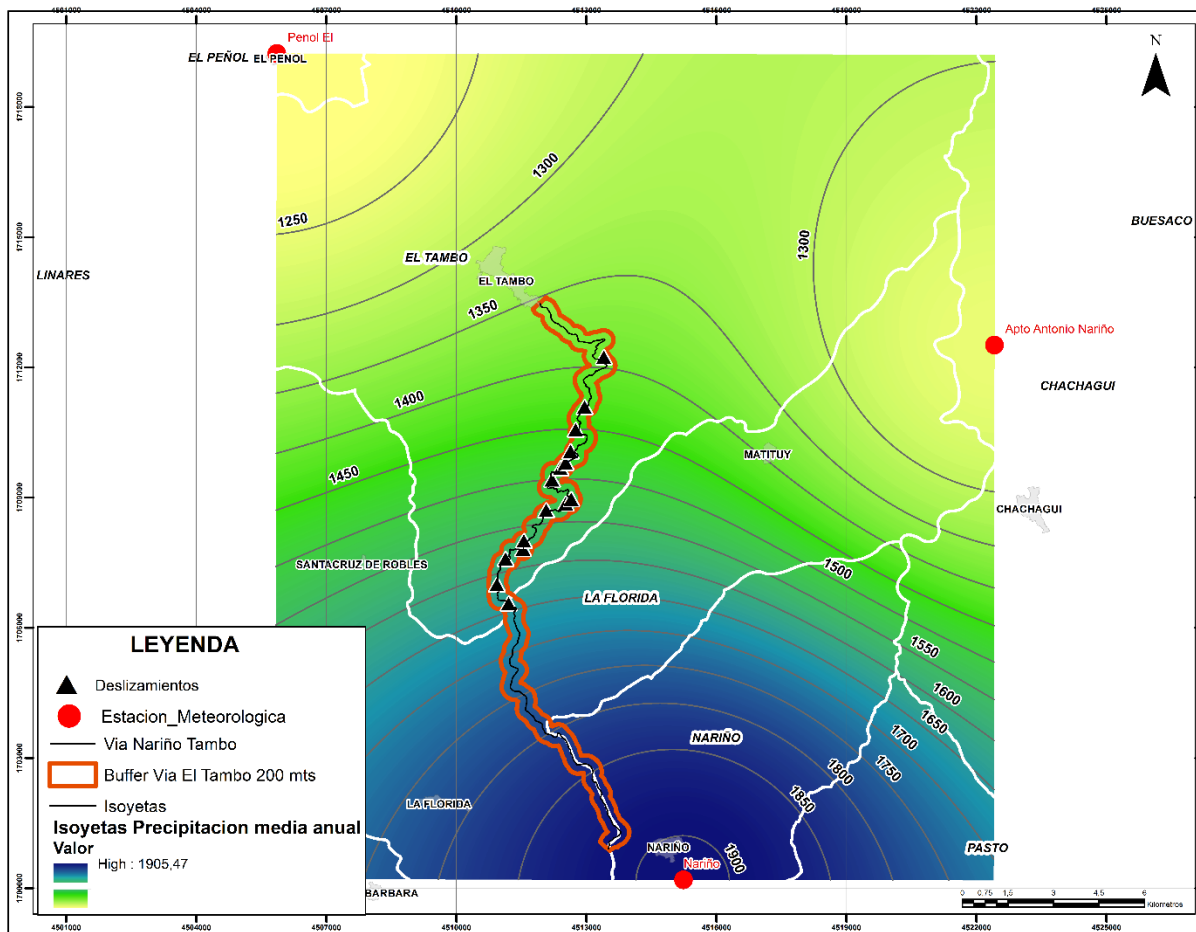


Figura 43 Ubicación de deslizamientos e isoyetas

A continuación, en la figura 44 se zonifica rangos de precipitación usando el software ArcGis mediante la herramienta reclassify, para lo cual el programa toma la menor y mayor precipitación del área de interés (mínimo 1213 y máximo 1905), obteniéndose tres rangos: bajo, medio y alto.

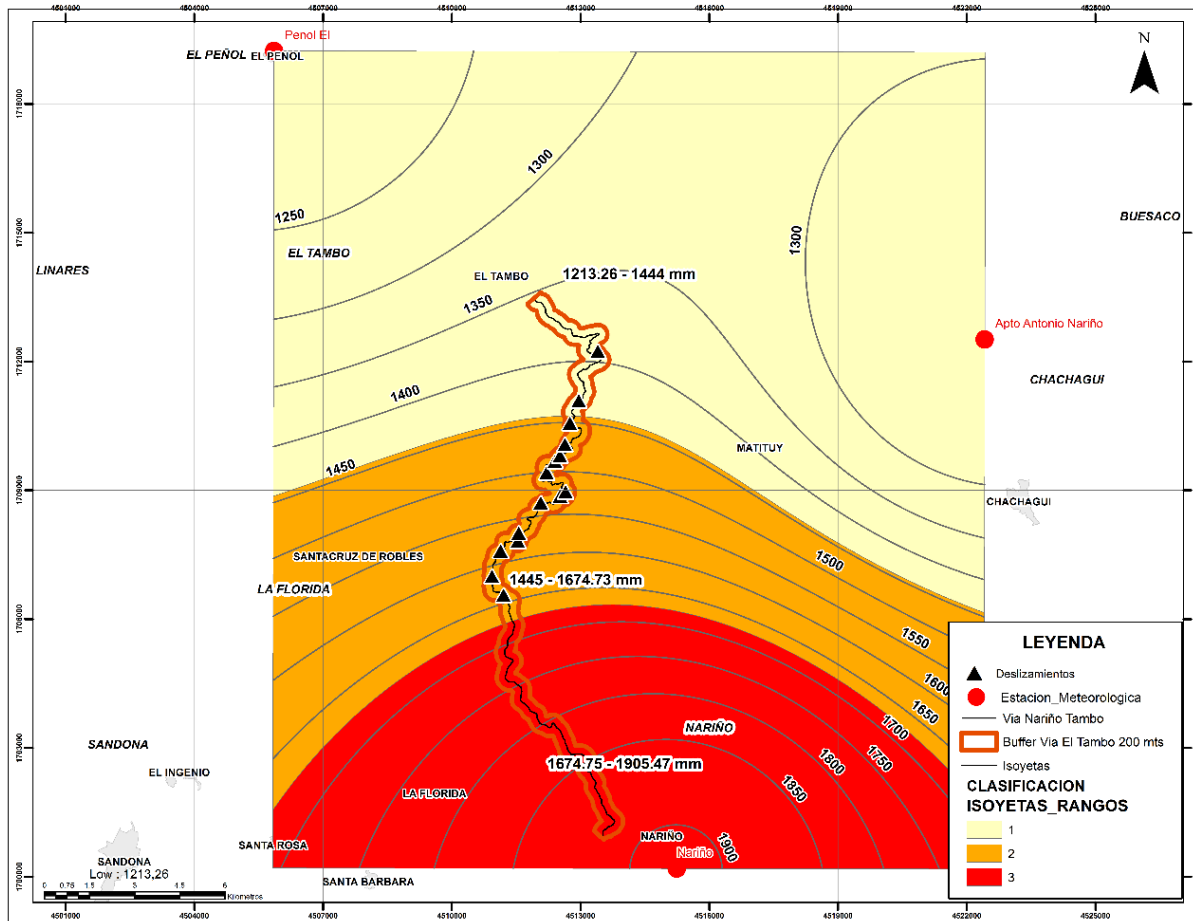


Figura 44 Zonificación rangos de precipitación.

5 ANALISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO ÁREA DE INFLUENCIA VÍA NARIÑO – EL TAMBO.

5.1 Análisis de evaluación multicriterio área de influencia vía Nariño – El Tambo por sectores

5.1.1 SECTOR 1

En el SECTOR 1 las variables más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa para cada factor son: En Unidad Geológica Superficial la unidad Lavas y Cenizas (TQvlc); para Cobertura del Suelo se tiene Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, y en cuanto a Pendientes corresponde a Plano a moderadamente inclinado (0-15°), sector con reptaciones influenciado por la falla Manchabajoy.

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio, en el SECTOR 1, para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa se pudo determinar que, predomina la susceptibilidad media, que abarca un área de 290,0865 has, equivalente al 93,5% del área total para este sector.

Tabla 16 AEM SECTOR 1

ANALISIS DE EVALUACION MULTICRITERIO AREA DE ESTUDIO DE INFLUENCIA VIA EL TAMBO SECTOR 1			
ESCALA	SUSCEPTIBILIDAD	Area_Has	PORCENTAJE
1	BAJA	3,8177	1,2
2	MEDIA	290,0865	93,5
3	ALTA	6,2297	2
0	NO DATA	10,1502	3,3
TOTAL		310,2841	100

5.1.2 SECTOR 2

En el SECTOR 2 las variables más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa para cada factor son: En Unidad Geológica Superficial rocas del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv); para Cobertura del suelo se tiene Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y Pastos enmalezados, y en cuanto a Pendientes varía entre Inclinada a fuertemente inclinada (15-30°) y Escarpado (>30°).

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio, en el sector 2 para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa se pudo determinar que prevalece la susceptibilidad media, que comprende un área de 197,6724 has, equivalente al 57% del área total para este sector.

Tabla 17 AEM Sector 2.

ANALISIS DE EVALUACION MULTICRITERIO AREA DE ESTUDIO DE INFLUENCIA VIA EL TAMBO SECTOR 2			
ESCALA	SUSCEPTIBILIDAD	Area_Has	PORCENTAJE
2	MEDIA	197,6724	57
3	ALTA	127,5724	36,8
0	NO DATA	22,4648	6,5
TOTAL		347,7096	100

5.1.3 SECTOR 3

En esta área no se observaron deslizamientos que evidenciaran las áreas susceptibles a procesos de remoción en masa, es de aclarar que en el sector prevalecen pendientes bajas.

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio, en el SECTOR 3 para la identificación de áreas susceptibles a deslizamientos o movimientos en masa se pudo determinar que sobresale la susceptibilidad baja que comprende un área de 47,0681 has, equivalente al 58%.

Tabla 18 AEM Sector 3

ANALISIS DE EVALUACION MULTICRITERIO AREA DE ESTUDIO DE INFLUENCIA VIA EL TAMBO SECTOR 3			
ESCALA	SUSCEPTIBILIDAD	Area_Has	PORCENTAJE
1	BAJA	47,0681	58
2	MEDIA	28,3082	34,9
3	ALTA	0,5961	0,7
0	NO DATA	5,2181	6,4
TOTAL		81,1905	100

5.2 AREA TOTAL DE ESTUDIO EAM

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio, para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa que se realizó para cada sector evaluado en la vía Nariño – El Tambo, se obtiene como resultado final que prevalece la susceptibilidad media, con un área 516,7529 has equivalente a un porcentaje del 69,8% en el área total de estudio en la cual se evidencia la presencia de 14 deslizamientos; sin embargo, la susceptibilidad alta ocupa un área de 134,5727 has equivalente a un porcentaje del 18,2% en el área total del estudio.

Tabla 19 AEM Área total de estudio

ANALISIS DE EVALUACION MULTICRITERIO AREA DE ESTUDIO DE INFLUENCIA VIA EL TAMBO		
SUSCEPTIBILIDAD	Area_Has	PORCENTAJE
BAJA	50,9736	6,9
MEDIA	516,7529	69,8
ALTA	134,5727	18,2
NO DATA	37,8369	5,1
TOTAL	740,1361	100

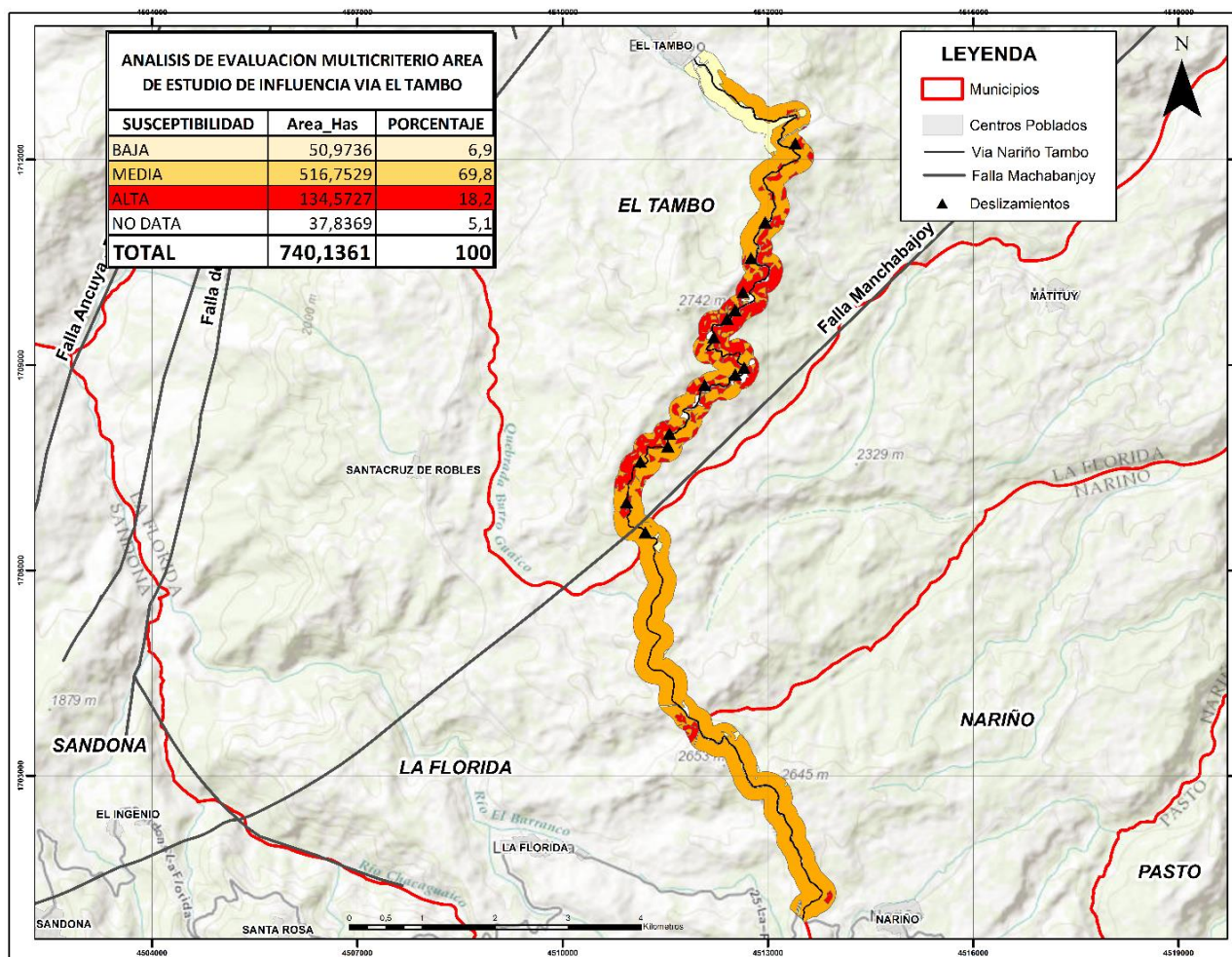


Figura 45 Mapa EAM Área total de estudio

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El mayor número de movimientos en masa identificados en los márgenes de la vía Nariño – El Tambo, se encuentran en el SECTOR 2, que inicia al sur en la vereda El Zanjón del municipio de El Tambo, coordenadas de referencia: 1° 20' 30,751" N, 77° 23' 36,763" W y termina en la vereda Llano Largo del municipio de El Tambo, coordenadas de referencia: 1° 23' 40,702" N, 77° 22' 19,497" W, con un total de 14 deslizamientos que afloran principalmente en la Unidad Geológica Superficial del Grupo Diabásico Conjunto Kv (Kv), geomorfológicamente se trata de una Sierra Residual (Dsr), las pendientes oscilan entre los 15° y mayores a 30°, y en coberturas de la tierra se encuentran principalmente en las de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y Pastos enmalezados.

En el SECTOR 1 se identifica un deslizamiento, este sector inicia al sur en la vereda El Silencio municipio de Nariño, coordenadas de referencia: 1° 17' 20,813" N, 77° 22' 13,997" W y termina en la vereda El Zanjón del municipio de El Tambo, coordenadas de referencia: 1° 20' 30,751" N, 77° 23' 36,763" W, aflora la Unidad Geológica Superficial Lavas y Cenizas (TQvlc), geomorfológicamente se identifica que el deslizamiento se encuentra en Lomerios Disectados (Dldi), las pendientes oscilas entre los 0° y 15°, y en coberturas de la tierra se encuentra en mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales y mosaico de cultivos. Este sector se encuentra influenciado por la falla Manchabajoy en la vereda El Zanjón.

Para la caracterización del clima en la vía Nariño – El Tambo, Se tuvo en cuenta solo el elemento precipitación, dado que es un parámetro frecuente y significativo en la detonación de procesos de remoción en masa. No obstante, los resultados de precipitación no fueron combinados con el mapa final de susceptibilidad dado que implicaría analizar frecuencias y probabilidades de la lluvia lo cual no es objeto del inventario de deslizamientos que se ha propuesto este estudio. Para la caracterización de la precipitación se tomó la información de las estaciones pluviométricas del municipio de Nariño, El Peñol y la estación Meteorológica del Aeropuerto Antonio Nariño, localizada en el municipio de Chachagui.

Las estaciones de Nariño y Aeropuerto presentan una tendencia de régimen bimodal a nivel intranual, en el que se marcan dos picos de alta precipitación en los meses de marzo a mayo y con mayor magnitud de octubre a diciembre. El máximo valor de precipitación que se presenta en la estación Nariño es en el mes de noviembre 311.2 mm/mes y el mínimo valor de lluvias es de 30 mm/mes en agosto; para la estación Aeropuerto de igual manera la mayor precipitación se presenta en el mes de noviembre con 167.2 mm/mes y en agosto la menor con 21.7 mm/mes que coincide con los periodos de mayor y menor lluvia; el valor medio mensual multianual de la estación Nariño es de 164.3mm/mes y el promedio para la estación Aeropuerto es de 102.3 mm/mes; de igual manera se puede evidenciar en la estación El Peñol que entre

los meses de marzo a mayo se presenta un ascenso en la cantidad de precipitación, siendo el más alto en el mes de abril con un valor máximo de 136,85 mm/mes y el mínimo con un valor de 20,6 mm/mes en el mes de agosto.

Las mayores precipitaciones en los últimos 14 años han sido en el 2010, 2011 y 2019, coincidentes con las temporadas de mayores lluvias de esos años en todo el país; del mismo modo se puede observar el carácter bimodal del régimen de lluvias para las tres estaciones en el área de estudio.

Desde el punto de vista espacial o territorial, la mayor parte de la vía en el área de estudio se localiza en el polígono vinculado con las lluvias registradas en la estación Nariño en el sector sur, siendo afectada por precipitaciones más altas, cuyo promedio mensual multianual alcanza 164 mm/mes a diferencia del sector norte influenciado por lluvias más bajas registradas en la estación Aeropuerto con un promedio mensual multianual de 103 mm/mes.

El mayor número de deslizamientos se ubican en la zona sur influenciados por las lluvias registradas en la estación Nariño, en cambio hacia el norte se localiza menor cantidad de deslizamientos afectados por las lluvias registradas en la estación Aeropuerto, precipitaciones menores a las de la zona sur. De igual manera, entre las isoyetas 1400 y 1600 ocurren la mayor cantidad de deslizamientos en los márgenes de la vía Nariño – El Tambo; en cambio alrededor de la franja de la isoyeta 1300, está la menor cantidad de deslizamientos del área objeto de estudio, lo cual es consecuente con el análisis realizado.

6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda a los municipios que están en el área de influencia de la vía Nariño – El Tambo, tener en cuenta lo dispuesto en el Decreto 1077 de 2015, Título 2, Sección 3: *“Incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los planes de ordenamiento territorial”*; por lo anterior, resulta necesario realizar los estudios básicos y detallados de gestión del riesgo, debido a que, son insumos importantes que permitirán orientar de forma correcta la propuesta del modelo de ocupación del territorio y aportan en el proceso de revisión y ajuste de los instrumentos de planificación territorial.

De igual manera, se recomienda tener en cuenta la Ley 1228 de 2008 referente a las áreas de exclusión o fajas mínimas de retiro obligatorio para las carreteras de la red vial nacional, donde se establece que para las carreteras de segundo orden se debe respetar una faja de retiro obligatorio de 45 metros a lado y lado del eje de la vía, debido a la necesidad de proteger y conservar las áreas forestales en los márgenes de la vía Nariño – El Tambo por parte de los municipios que se encuentran dentro del área de influencia del mismo.

Así mismo, se recomienda tener en cuenta las obras de mitigación estructurales o no estructurales, así mismo plantar vegetación nativa que permita estabilizar el suelo, reducir la erosión y proporcionar hábitats para la fauna local, gestión de recursos hídricos, entre otros; estas soluciones no solo ayudan a resolver problemas específicos, sino que también pueden mejorar la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades.

7 BIBLIOGRAFIA

Carvajal, J. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*.

Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.

CORPONARIÑO (2015). *Elaboración del Plan de ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Guátara*. Pasto, Nariño. Corporación Autónoma Regional de Nariño.

CORPONARIÑO (2015). *Elaboración del Plan de ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Juanambú*. Pasto, Nariño. Corporación Autónoma Regional de Nariño.

IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Retrieved from

http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1ea561fc16b8037522&groupId=762

MADS. (2012). *Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*.

Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

SGC. (2015a). *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000*. (p. 41). p. 41. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.

SGC. (2017). *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa*

Escala 1:25000 (p. 218). p. 218. <https://doi.org/10.1002/chem.201301917>

SGC. (2021). *Guía Metodológica para Zonificación de Amenaza por Avenidas Torrenciales*. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano